

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**ΤΙΤΛΟΣ  
Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΛΟΣΩΜΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ  
ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΤΟΥ  
ΓΟΝΑΤΟΣ ΣΤΗ ΣΤΑΣΗ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ.**

**της  
Παπαϊωάννου Ειρήνης**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Γεροδήμος Βασίλειος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Εγκεκριμένη από το Καθηγητικό σώμα:  
Γεροδήμος Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ  
Τσιόκανος Αθανάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ  
Ζαφειρίδης Ανδρέας, Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

**Τρίκαλα 2014**

©2014  
Παπαϊωάννου Ειρήνη  
ALL RIGHTS RESERVED

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η άσκηση με ολόσωμη δόνηση αποτελεί μια εναλλακτική μορφή άσκησης που χρησιμοποιείται τόσο για τη βελτίωση φυσικών ικανοτήτων όσο και για την πρόληψη και αντιμετώπιση παθήσεων. Οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μεταφορά της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα, αλλά και ο αποτελεσματικότερος συνδυασμός των στοιχείων της επιβάρυνσης (άσκηση-θέση, διάρκεια, πλάτος ταλάντωσης, συχνότητα) δεν έχουν πλήρως αποσαφηνιστεί. Η διαφορετική θέση τοποθέτησης (γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος) του ασκούμενου, στην πλατφόρμα, κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση αποτελεί έναν παράγοντα που επηρεάζει την ενεργοποίηση των μυών. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την επίδραση της διαφορετικής γωνίας του γόνατος, κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών γυναικών. Στην έρευνα έλαβαν μέρος εθελοντικά 36 νεαρές φυσικά δραστήριες γυναίκες (ηλικία:  $20.0 \pm 1.5$  ετών), οι οποίες χωρίστηκαν σε 3 ισάριθμες ομάδες: α) ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης  $10^\circ$ , β) ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης  $60^\circ$  και γ) ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης  $90^\circ$ . Οι συμμετέχουσες κάθε ομάδας πραγματοποίησαν δύο πρωτόκολλα: ένα πρωτόκολλο δόνησης (διάρκεια 4 σετ x 45s διάρκεια, διάλειμμα 45s/σετ, πλάτος ταλάντωσης 6mm και συχνότητα 20Hz) και ένα πρωτόκολλο ελέγχου (4 σετ x 45s διάρκεια, διάλειμμα 45s/σετ, πλάτος ταλάντωσης 0mm και συχνότητα 0Hz) όπου δεν εφαρμόστηκε δόνηση. Όλα τα πρωτόκολλα πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης, με τις συμμετέχουσες να στέκονται όρθιες πάνω στην πλατφόρμα με τα γόνατα λυγισμένα  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  και  $10^\circ$ . Η κινητικότητα (sit-and-reach test) και η κατακόρυφη αλτικότητα (άλμα από ημικάθισμα και άλμα με αντίθετη κίνηση) των νεαρών γυναικών αξιολογήθηκε πριν και αμέσως μετά το πέρας των πρωτοκόλλων. Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με τρεις

παράγοντες (ομάδα x πρωτόκολλο x χρόνος, 3 x 2 x 2) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στους παράγοντες «πρωτόκολλο» και «χρόνος», καθώς και ο μαθηματικός τύπος του Tukey ως κριτήριο post-hoc σύγκρισης. Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι σε όλα τα πρωτόκολλα δόνησης και ελέγχου παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης ( $25.8 \pm 2.1 \text{ cm}$ ) και της δεύτερης μέτρησης ( $27.3 \pm 2.1 \text{ cm}$ ) στην κινητικότητα, ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων σε καμία από τις μετρήσεις. Μια εξαίρεση παρατηρήθηκε στο πρωτόκολλο ελέγχου ( $10^\circ$ ) όπου δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης. Σχετικά με την κατακόρυφη αλτικότητα, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων αλλά ούτε και μεταξύ των μετρήσεων. Συμπερασματικά φαίνεται ότι η κινητικότητα δεν επηρεάζεται από την άσκηση με ολόσωμη δόνηση, αλλά από τη θέση τοποθέτησης τους σώματος πάνω στην πλατφόρμα (ισομετρική άσκηση: ημικάθισμα  $60^\circ$  και  $90^\circ$ ). Επιπρόσθετα, η γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος κατά τη διάρκεια της άσκησης με δόνηση δεν επηρέασε το μέγεθος της επίδρασης αυτής. Τέλος, η αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση (συχνότητα: 20Hz, πλάτος ταλάντωσης: 6mm, διάρκεια: 4 σετ x 45s, διάλειμμα 45s/σετ) φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την κατακόρυφη αλτικότητα των νεαρών γυναικών.

**Λέξεις κλειδιά:** αμφίπλευρη δόνηση, δοσολογία προπόνησης, ευλυγισία-ευκαμψία, ισχύς.

## ABSTRACT

Whole-body vibration (WBV) is a new type of exercise that has been emerged in sports training and rehabilitation during the last decade. The aim of the present study was to investigate the acute effects of different knee joint angle, during whole-body vibration exercise, on flexibility and vertical jumping ability. Thirty-six young physically active females ( $20.00 \pm 1.5$  years) were divided into three groups: a) group with knee angle  $10^\circ$ , b) group with knee angle  $60^\circ$  and c) group with knee angle  $90^\circ$ . Each group performed two protocols in a randomized balanced design: one vibration and one control protocols. The vibration (frequency: 20Hz, amplitude: 6mm, duration: 4set x 45s/set) and control protocols (frequency: 0Hz, amplitude: 0mm, duration: 4set x 45s/set) were performed on a side-to-side vibration platform (Galileo Fitness), while the participants maintained an upright position with their knees bent at  $10^\circ$ ,  $60^\circ$  or  $90^\circ$ . In the control protocol no vibration was performed. Flexibility (sit & reach test) and vertical jumping performance (squat jump and counter movement jump tests) were performed before and immediately-post vibration and control protocols. A three-way ANOVA (group x protocol x time,  $3 \times 2 \times 2$ ) with repeated measures on factors “protocol” and “time” was used, followed by Tukey’s post hoc. Flexibility was improved (pre:  $25.8 \pm 2.1$  cm and post:  $27.3 \pm 2.1$  cm) immediately-post exercise in vibration and control protocols (except for control protocol of knee angle  $10^\circ$ ), while no differences were found in flexibility pre and post-vibration values among groups and protocols. These effects were observed irrespective of different knee angle during vibration exercise. Moreover, a single bout of side-to-side WBV (20Hz, 6mm, 4set x 45s) did not have a significant effect on jumping performance.

**Keywords:** side-to-side vibration, dose response, flexibility, power.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	4
<b>ABSTRACT</b>	5
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ</b>	6
<b>ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ</b>	9
<b>ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΣΧΗΜΑΤΑ</b>	10
<b>ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ</b>	13
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	11
Σκοπός της έρευνας	14
Οριοθετήσεις-Περιορισμοί της έρευνας	14
Μηδενικές υποθέσεις	14
<b>ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b>	15
Τύποι δόνησης και χαρακτηριστικά της ολόσωμης δόνησης	15
Μηχανισμοί δράσης	17
Κινητικότητα	25
Κατακόρυφη αλτικότητα	30
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	39
Δείγμα	39
Όργανα άσκησης – μέτρησης	40
Περιγραφή Δοκιμασιών	40
Πρωτόκολλα άσκησης	43
Διαδικασία	44
Στατιστική Ανάλυση	44
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	45
Κινητικότητα	45

Κατακόρυφη αλτική ικανότητα	46
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b>	48
Κινητικότητα	48
Κατακόρυφη αλτικότητα	52
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	56
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	57

## ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

**Πίνακας 1.** Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος, ανά ομάδα 39  
(Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση).

**Πίνακας 2.** Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος από 46  
ημικάθισμα (Squat Jump-SJ) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση (Μ.Ο ± Τυπική  
απόκλιση).

**Πίνακας 3.** Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος με 47  
αντίθετη κίνηση (Countermovement Jump-CMJ) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση  
(Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση).



## ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΣΧΗΜΑΤΑ

<b>Σχήμα 1.</b> Μηχανισμός δράσης της άσκησης με δόνηση.	19
<b>Σχήμα 2.</b> Σχεδιασμός έρευνας.	44
<b>Σχήμα 3:</b> Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στην κινητικότητα ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.	45

## ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ

<b>Εικόνα 1.</b> Μέτρηση κινητικότητας.	41
<b>Εικόνα 2.</b> Μέτρηση κατακόρυφης αλτικότητας (άλμα από ημικάθισμα).	42
<b>Εικόνα 3.</b> Μέτρηση κατακόρυφης αλτικότητας (άλμα με αντίθετη κίνηση).	42

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος εκτίθεται στη δόνηση στα πλαίσια των καθημερινών του δραστηριοτήτων, κατά την εκτέλεση του επαγγέλματος, στις μεταφορές όπως και στη συμμετοχή του σε διάφορες αθλητικές δραστηριότητες (Cardinale & Rittweger, 2006; Yue & Mester, 2004). Η δόνηση αποτελεί ένα μηχανικό ερέθισμα με χαρακτηριστικά ταλάντωσης που καθορίζεται από τον τύπο της δόνησης (ολόσωμη-τοπική), τη συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης (Cardinale & Pope, 2003b). Αρχικά, η δόνηση ως προπονητικό μέσο χρησιμοποιήθηκε από Ρώσους αθλητικούς επιστήμονες, με στόχο την πρόληψη ή/και αντιστροφή των αρνητικών επιδράσεων της μικροβαρύτητας στη μυϊκή και οστική μάζα των κοσμοναυτών (Issurin, Liebermann, & Tenenbaum, 1994). Αργότερα, στη δεκαετία του 1970, η δόνηση χρησιμοποιήθηκε για τη βελτίωση των φυσικών ικανοτήτων σε αθλητές ολυμπιακού επιπέδου (Cardinale et al., 2006), καθώς και σε μαζικά αθλούμενα άτομα διαφόρων ηλικιών (Jordan, Norris, Smith, & Herzog, 2005; Luo, McNamara, & Moran, 2005b).

Η ολόσωμη δόνηση (ΟΔ) αποτελεί μηχανική ταλαντωτική διέγερση (Hagberg, Burstrom, Ekman & Wilhelmsson, 2006), οι επιδράσεις της οποίας καθορίζονται από τη μυϊκή τάση, τη θέση του σώματος, τη συχνότητα, το εύρος, τη διεύθυνση και τη διάρκεια της δόνησης (Koenig, Chiaramonte, & Balbinot, 2008). Ως κύριος πιθανός μηχανισμός δράσης έχει προταθεί η αντανακλαστική μυϊκή σύσπαση ή διαφορετικά το τονικό αντανακλαστικό δόνησης (ΤΑΔ) (Hagbarth & Eklund, 1966) που εμφανίζεται σαν απάντηση στη διάταση των μυϊκών ατράκτων (Burke, Hagbarth, Lofstedt & Wallin, 1976; Roll, Vedel & Ribot, 1989).

Στις έρευνες, που έχουν γίνει μέχρι σήμερα, οι επιδράσεις της άσκησης με ΟΔ στον άνθρωπο διαχωρίζονται σε άμεσες (κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την άσκηση), σε βραχύχρονες (μετά από άσκηση 5-24 ημερών με μικρά ή καθόλου κενά μεταξύ των

προπονητικών μονάδων) και σε μακρόχρονες (μετά από άσκηση 4 έως 52 εβδομάδων) (Karatrantou, Gerodimos, Dipla & Zafeiridis, 2013; Καρατράντου, 2010).

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι μελέτες που αξιολογούν την άμεση επίδραση της άσκησης με ΟΔ στην κινητικότητα είναι λίγες και εμφανίζουν μη σταθερά και αντικρουόμενα αποτελέσματα (Gerodimos et al., 2010). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών παρατηρήθηκε αύξηση της κινητικότητας κατά 4.5-39.3%, μετά την ολοκλήρωση διαφόρων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (συχνότητα: 20-30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-6mm, διάρκεια: 5-10min, ποικίλες ασκήσεις) (Cochrane et al., 2005; Cardinale et al., 2003c; Gerodimos et al., 2010; Jacobs & Burns, 2009; Van Zyl et al., 2011; Καρατράντου και συν. 2008). Αντίθετα με τα παραπάνω, σε έρευνα του Cardinale και συν. (2003c), η κινητικότητα παρέμεινε αμετάβλητη μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου άσκησης με κατακόρυφη ΟΔ υψηλής συχνότητας (40Hz). Επιπλέον, τα παραπάνω φαίνεται να ενισχύονται από τα αποτελέσματα της έρευνας του Kemertzis, Lytgho, Morgan και Galea (2008), στην οποία δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή της κινητικότητας της ποδοκνημικής άρθρωσης μετά την ολοκλήρωση ενός πρωτοκόλλου ΟΔ (συχνότητα: 24Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-4.5mm, διάρκεια: 5min) σε συνδυασμό με παθητική διάταση.

Αντικρουόμενα είναι τα αποτελέσματα όσον αφορά στην κατακόρυφη αλτικότητα. Υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν αύξηση (Bosco et al., 2000; Cardinale & Lim, 2003; Cochrane & Stannard, 2005), μείωση (Artero et al., 2007; Cardinale & Lim, 2003; Rittweger, Beller, & Felsenberg, 2000) ή και καμία επίδραση (Bullock et al., 2008; Gerodimos et al., 2010; Rittweger, Mutschelknauss, & Felsenberg, 2003).

Ο συνδυασμός και η αλληλεπίδραση των χαρακτηριστικών της άσκησης με ολόσωμη δόνηση (συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης, διάρκεια) επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση στον ανθρώπινο οργανισμό, με στόχο τόσο τη βελτίωση της απόδοσης όσο και την προαγωγή της υγείας. Στη διεθνή βιβλιογραφία

βρέθηκαν μελέτες οι οποίες εξέτασαν την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση διαφορετικών συχνοτήτων, διαφορετικού εύρους μετατόπισης, ή/και διαφορετικής διάρκειας στη δημιουργία προσαρμογών στις ικανότητες της κινητικότητας ή/και της κατακόρυφης αλτικότητας (Adams et al., 2009; Bazett-Jones et al., 2008; Cardinale & Lim, 2003; Gerodimos et al., 2010; Da Silva et al., 2006; Ronnestad, 2009).

Η διαφορετική θέση τοποθέτησης (γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος) του ασκούμενου στην πλατφόρμα, κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, αποτελεί έναν παράγοντα που πιθανόν επηρεάζει την ενεργοποίηση των μυών (Abercromby et al., 2007). Όσον αφορά στην επίδραση της διαφορετικής θέσης (διαφορετική γωνία κάμψης), βρέθηκε μόνο μια μελέτη των Savelberg, Keizer και Meijer, (2007) η οποία εξέτασε τη μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση διαφορετικών συχνοτήτων και διαφορετικών θέσεων ( $10^\circ$  ή  $70^\circ$  κάμψη γονάτων) στη μέγιστη ισομετρική ροπή δύναμης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, η βελτίωση της ισομετρικής ροπής δύναμης που παρατηρήθηκε μετά τη λήξη του προγράμματος παρέμβασης ήταν ανεξάρτητη τόσο από τις διαφορετικές συχνοτήτες δόνησης όσο και από τις διαφορετικές θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη. Όσον αφορά στην άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία έρευνα, που να εξετάζει την επίδραση της διαφορετικής θέσης (διαφορετικής γωνίας κάμψης), στη φυσική κατάσταση νεαρών γυναικών.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι η άσκηση με ολόσωμη δόνηση αποτελεί μια εναλλακτική μορφή άσκησης που χρησιμοποιείται τόσο για τη βελτίωση φυσικών ικανοτήτων όσο και για την πρόληψη και αντιμετώπιση παθήσεων. Οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η μεταφορά της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα αλλά και ο αποτελεσματικότερος συνδυασμός των στοιχείων της επιβάρυνσης (άσκηση-θέση, εύρος μετατόπισης, συχνότητα) δεν έχουν πλήρως αποσαφηνιστεί. Η παρούσα μελέτη προσφέρει

νέα στοιχεία όσον αφορά στην άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση (WBV), εξετάζοντας την επίδραση της διαφορετικής γωνίας του γόνατος στη στάση πάνω στην πλατφόρμα. Συνεπώς, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την επίδραση της διαφορετικής γωνίας του γόνατος (10°, 60° ή 90°), κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών γυναικών.

### ***Οριοθετήσεις-Περιορισμοί***

Οι συμμετέχουσες της έρευνας έπρεπε να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

- ✓ Να είναι νεαρές γυναίκες, ηλικίας 18-24 ετών.
- ✓ Να μην είναι αθλήτριες.
- ✓ Να μην ακολουθούν ειδικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης του μυϊκού συστήματος ή κάποιο ειδικό πρόγραμμα αλτικών ασκήσεων.
- ✓ Να είναι υγιείς και γενικά να μην παρουσιάζουν καρδιαγγειακά προβλήματα και ιστορικό υπέρτασης (Mester, Kleinoder & Yue, 2006), θρόμβωση, εγκυμοσύνη, επιληψία, ημικρανίες, προβλήματα στο ουροποιητικό σύστημα, προχωρημένη αρθροπάθεια, πρόσφατα ράμματα, τεχνητό μέλος, μεταλλικά/συνθετικά εμφυτεύματα, προβλήματα στην οσφυϊκή μοίρα και οξεία φλεγμονή ή λοίμωξη (Cardinale & Pope, 2003).

### ***Μηδενικές υποθέσεις***

- ✓ Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην κινητικότητα μεταξύ των ομάδων, των πρωτοκόλλων και των μετρήσεων.
- ✓ Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στο άλμα από ημικάθισμα μεταξύ των ομάδων, των πρωτοκόλλων και των μετρήσεων.
- ✓ Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στο άλμα με αντίθετη κίνηση μεταξύ των ομάδων, των πρωτοκόλλων και των μετρήσεων.

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### Δόνηση

#### *Τύποι και χαρακτηριστικά της δόνησης*

Η δόνηση διακρίνεται με βάση το σημείο εφαρμογής της, σε αυτή που εφαρμόζεται απευθείας στη μάζα ή τον τένοντα ενός μυ και ονομάζεται τοπική (Cardinale & Pope, 2003) και σε αυτή που εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σώμα και ονομάζεται ολόσωμη (Luo et al., 2005). Η ολόσωμη δόνηση (ΟΔ), μεταφέρεται στο ανθρώπινο σώμα μέσω ειδικών συσκευών τις πλατφόρμες δόνησης και ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς της στο σώμα διακρίνεται σε αμφίπλευρη και κατακόρυφη (Luo et al., 2005). Υπάρχουν διάφορες πλατφόρμες δόνησης (Galileo, Nemes, Power Plate κ.τ.λ), που διαφέρουν κυρίως στον τύπο της δόνησης που παράγουν. Στις πλατφόρμες δόνησης όπου κυκλοφορούν στο εμπόριο η συχνότητα δόνησης ποικίλει από 5 ως 60Hz και το εύρος μετατόπισης από 1 ως 14mm (Cardinale & Rittweger, 2006), ανάλογα με την πλατφόρμα δόνησης. Για την τοπική δόνηση χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός που παράγει δόνηση μεμονωμένα είτε στα άνω είτε στα κάτω άκρα (Luo et al., 2005).

Στην αμφίπλευρη δόνηση, ο τρόπος μεταφοράς της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα προσομοιάζει με την κίνηση των μελών κατά τη διάρκεια της βάρδιας και του τρεξίματος, στην οποία τα μέλη του σώματος κινούνται εναλλάξ και όχι ταυτόχρονα (ασύγχρονη κίνηση) (Abercromby et al., 2007b; Καρατράντου, 2010). Επιπλέον, το πλάτος ταλάντωσης στην αμφίπλευρη δόνηση εξαρτάται από τη θέση των πελμάτων σε σχέση με τον άξονα ταλάντωσης (Cochrane, 2011a). Αντίθετα, στην κατακόρυφη δόνηση παρατηρείται συμμετρική κίνηση των μελών του σώματος ως προς τον κατακόρυφο άξονα (σύγχρονη κίνηση) (Abercromby et al., 2007b; Καρατράντου, 2010; Cochrane, 2011a) και το πλάτος

ταλάντωσης, που είναι ανεξάρτητο από το άνοιγμα των πελμάτων, διακρίνεται σε χαμηλό (Low: 0-2 mm) και υψηλό (High: 4-6 mm) (Cochrane, 2011b).

Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα των διαφόρων τύπων της δόνησης φαίνεται ότι η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ασφαλή συμπεράσματα (Cochrane, 2011b). Μελέτες μετα-ανάλυσης υποδεικνύουν ότι η κατακόρυφη δόνηση είναι περισσότερο αποτελεσματική στη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος απ' ό,τι η αμφίπλευρη δόνηση (Marin & Rhea, 2010a; Marin et al., 2010b). Αντίθετα, έχει προταθεί ότι η αμφίπλευρη δόνηση είναι περισσότερο αποτελεσματική απ' ό,τι η κατακόρυφη (Torvinen et al., 2002a), πιθανόν λόγω του μεγαλύτερου πλάτους ταλάντωσης των προγραμμάτων άσκησης ολόσωμης δόνησης. Ο παραπάνω ισχυρισμός φαίνεται να ενισχύεται από τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης των Cochrane και συν. (2004), οι οποίοι κατέδειξαν ότι η αμφίπλευρη δόνηση προκαλεί μεγαλύτερη ενεργοποίηση στους μύες των κάτω άκρων απ' ό,τι η κατακόρυφη δόνηση.

Επιπλέον, η αμφίπλευρη δόνηση θεωρείται πιο ασφαλής (Abercromby et al., 2007b), καθώς κατά την εφαρμογή της περιορίζεται η μετάδοση της δόνησης στον κορμό και το κεφάλι (Abercromby et al., 2007b). Έχει υποστηριχθεί από τους Rittweger, Schiessl, και Felsenberg (2001) ότι η συνεχής εναλλαγή μικρής κάμψης και έκτασης των κάτω άκρων με ταυτόχρονη στροφή της λεκάνης κατά τη διάρκεια της αμφίπλευρης δόνησης πιθανόν να ευθύνεται για τη μειωμένη μετάδοση της μηχανικής ενέργειας της δόνησης στον άνω κορμό και το κεφάλι (Abercromby et al., 2007b; Cochrane, 2011a; Καρατράντου, 2010). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Abercromby και συν. (2007a), κατά τη διάρκεια άσκησης ολόσωμης δόνησης (συχνότητα: 30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4mm, θέση: συνεχόμενα ημικαθίσματα γωνία γονάτων 10-35°) φάνηκε ότι η δραστηριοποίηση των μυών, είναι μεγαλύτερη στο γαστροκνήμιο και στον έξω πλατύ μυ στην αμφίπλευρη δόνηση, ενώ αντίθετα στην



κατακόρυφη δόνηση μεγαλύτερη επιβάρυνση δέχεται ο πρόσθιος κνημιαίος μυς (Abercromby et al., 2007a; Cochrane, 2011a; Καρατράντου, 2010).

### ***Πιθανοί μηχανισμοί δράσης***

Ο πιθανός μηχανισμός δράσης του ερεθίσματος της δόνησης που συμβάλλει στην εμφάνιση προπονητικών προσαρμογών δεν έχει μέχρι σήμερα αποκωδικοποιηθεί με σαφήνεια (Mester et al., 2006; Chanou, et al., 2012; Kemmler & von Stegel, 2012). Μελέτες υποδεικνύουν ότι οι νευροφυσιολογικές απαντήσεις του ανθρώπινου σώματος στη δόνηση συμπεριλαμβάνουν την αρχική αναστολή του μυοτατικού αντανακλαστικού (Lance, De Gail & Neilson, 1966; Casale, Ring & Rainoldi, 2009), τη μεταδιεγερτική διευκόλυνση (Delwade, 1973; Casale et al., 2009), την αναστολή του H-Reflex (Desmedt et al., 1978), το τονικό αντανακλαστικό της δόνησης (ΤΑΔ) (Eklund et al., 1966; Casale et al., 2009) και το αντίστροφο τονικό αντανακλαστικό της δόνησης (Calvin-figuiere, Romaignere, Gilhodes & Roll, 1999; Feldman & Latash, 1982).

### ***Τονικό αντανακλαστικό δόνησης***

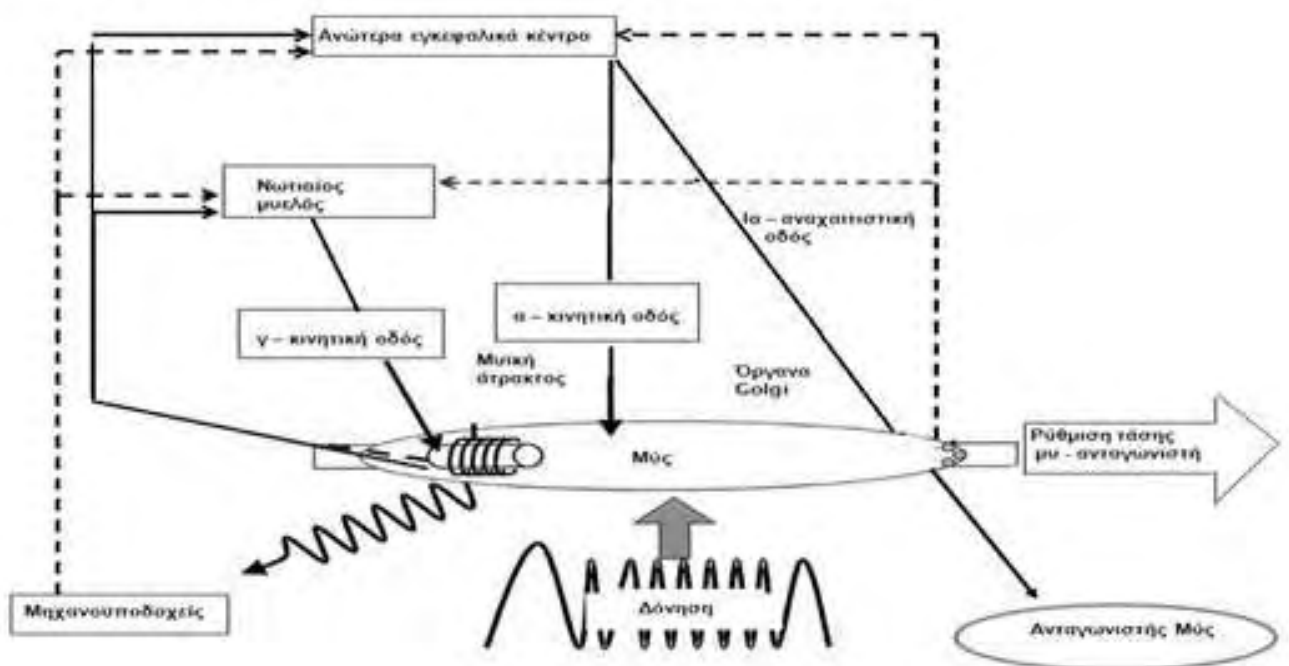
Αν και δεν υπάρχουν επαρκή επιστημονικά ευρήματα, το ΤΑΔ θεωρείται ο πιθανότερος μηχανισμός δράσης της άσκησης ΟΔ (Pollock, Provan, Martin & Newham, 2011). Το ΤΑΔ εμφανίζεται σχεδόν σε κάθε ανθρώπινο μυ (Eklund et al., 1966; Saavedra et al., 2012), διεγείρει σωματοαισθητικές περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού (Cardinale et al., 2003a; Tomas et al., 2011) και εξαρτάται από το βαθμό ενεργοποίησης του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ), τη συνενεργοποίηση άλλης μυϊκής ομάδας, τη διάρκεια, την ένταση και το σημείο εφαρμογής του μηχανικού ερεθίσματος, καθώς και από το αρχικό μήκος, την κατάσταση του μυός (σύσπαση, χάλαση), τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος και

άλλων δεικτών του οξειδωτικού στρες (Burke et al., 1976; Cochrane, 2011a; Saavedra et al., 2012).

Ο Cardinale και συν. (2003a) υποστηρίζουν, ότι η δόνηση προκαλεί μικρές και ταχείες αλλαγές στο μήκος του μυός, οι οποίες οδηγούν στην εμφάνιση αντανακλαστικής μυϊκής σύσπασης (Eklund et al., 1966; Chanou et al., 2012), που προσομοιάζει στο ΤΑΔ (Cardinale et al., 2006; Cochrane, 2010) (Σχήμα 1). Η ενεργοποίηση του ΤΑΔ μέσω της διέγερσης των Ια-ινών της μυϊκής ατράκτου (Cardinale et al., 2003a; Καρατράντου, 2010) οδηγεί στην εμφάνιση αντανακλαστικής μυϊκής σύσπασης (Bosco et al., 1999b; Burke, Hagbarth, Lofstedt & Wallin, 1976), στην οποία αποδίδεται η βελτίωση της δύναμης (Chanou et al., 2012). Κατά τη διάρκεια της έκθεσης στην ολόσωμη δόνηση το ΤΑΔ, που καθοδηγείται από μονοσυναπτικά και πολυσυναπτικά μονοπάτια, διεγείρεται συνεχώς και προκαλεί πολλαπλές μυϊκές συσπάσεις, πιθανότατα εξαιτίας της αυξημένης ενεργοποίησης των κινητικών νευρώνων (Bosco et al., 2000; Lamont et al., 2011), της μετάθεσης του ουδού στρατολόγησης των μυϊκών ινών (Pollock, Woledge, Martin & Newham, 2012), της περαιτέρω επιστράτευσης των κινητικών μονάδων (Pollock et al., 2011) και του αποτελεσματικότερου συντονισμού των συναγωνιστών μυών (Torvinen et al., 2002).

Επιπλέον, οι μηχανοϋποδοχείς στις αρθρώσεις και στο δέρμα αλλά και οι δευτεροταγείς νευρικές απολήξεις της μυϊκής ατράκτου αποκρίνονται στο μηχανικό ερέθισμα της δόνησης και προάγουν τη νευρική διέγερση της πρωτοταγούς απόληξης μέσω της δραστηριοποίησης των γ-κινητικών νευρώνων (Ribot-Ciscar, Rool, & Gilhodes, 1996; Καρατράντου, 2010), που ρυθμίζουν το κατώφλι ευαισθησίας της μυϊκής ατράκτου στη διάταση (Taylor, 2011). Επιπρόσθετα, τα τενόντια όργανα του Golgi που «ανιχνεύουν» την αλλαγή στην τάση που ασκείται σε ολόκληρο το σύμπλεγμα μυς-τένοντας αναστέλλουν αμοιβαία τους Ια-κινητικούς νευρώνες του αγωνιστή μυ, ενώ ταυτόχρονα διεγείρουν τον ανταγωνιστή (αυτογενής αναστολή) (Eklund et al., 1966; Lindsay, 1996; Chanou et al., 2012;

Καρατράντου, 2010). Η αυξημένη ανασταλτική διέγερση των α-κινητικών νευρώνων των ανταγωνιστών οδηγεί σε μικρότερη ταυτόχρονη ενεργοποίηση και καλύτερη μεσομυϊκή συναρμογή (Cardinale et al., 2003c). Συνεπώς, η βελτίωση της μεσομυϊκής συναρμογής μεταξύ αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών και η μεγαλύτερη ενεργοποίηση των υπολοίπων συναγωνιστών (Roelants, Delecluse, Goris & Verschueren, 2004a) επιτρέπει περαιτέρω την έκφραση πιο ισχυρής μυϊκής δράσης (Chanou et al., 2012), που μπορεί εν μέρει να εξηγήσει την αύξηση της μυϊκής δύναμης.



**Σχήμα 1.** Μηχανισμός δράσης της άσκησης με δόνηση (Τροποποιημένο από Cardinale et al., 2003a; Καρατράντου, 2010).

#### Άλλοι νευρικοί και φυσιολογικοί μηχανισμοί δράσης

Η ΟΔ προάγει την ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων και τη μυϊκή προνεύρωση (προ-ενεργοποίηση) (μείωση στο κατώφλι πυροδότησης), με αποτέλεσμα την αύξηση της υποκείμενης μυϊκής τάσης και τη μείωση της διαταραχής του κύκλου διάτασης-βράχυνσης (Aminian-Far et al., 2011; Law & Nosaka, 2011). Έχει προταθεί ότι το υψηλό επίπεδο μυϊκής μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης αυξάνει τον αριθμό των επιστρατευμένων κινητικών μονάδων και των μυϊκών ινών κατά τη διάρκεια των συνεχόμενων μυϊκών συσπάσεων, με αποτέλεσμα

τη μείωση της ενδομυϊνδιακής πίεσης και την επιτάχυνση του ρυθμού αποκατάστασης (Bosco et al., 1999b; Kosar et al., 2012). Επιπρόσθετα, η μείωση του προσωρινού (AMS) και καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) και η θεραπευτική επίδραση που παρατηρήθηκε μετά την εφαρμογή ΟΔ πιθανότατα αποδίδεται στην άνοδο του επιπέδου της αυξητικής ορμόνης (Kvorning et al., 2006; Nindl & Pierce, 2010), στην αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος (Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts-Schwab, Thorpe, 2007), στη γρήγορη απομάκρυνση των μεταβολικών υποπροϊόντων (Edge, Mundel, Weir & Cochrane, 2009), ή στην αναστολή της ευαισθησίας των αλγοϋποδοχέων (Rhea, Bunker, Marin & Lunt, 2009) και την άνοδο του κατωφλιού αντιλαμβανόμενου πόνου (Zoppi, Voegelin, Signorini & Zamponi, 1991; Καρατράντου, 2010).

Σύμφωνα με μελέτες η ΟΔ αυξάνει τη ροή του αίματος, μειώνει την αρτηριακή πίεση και διευρύνει τον τριχοειδικό αυλό, πιθανότατα λόγω της απελευθέρωσης του μονοξειδίου του αζώτου (NO), που προάγει την αγγειοδιαστολή (Kerschman-Schindl et al., 2001) και πιθανόν προκαλεί αγγειογένεση (Yue & Mester, 2007). Η παραπάνω άποψη φαίνεται να ενισχύεται από τις μελέτες των Blottner και συν. (2006) και των Sacner, Gummels, και Adams (2005), στις οποίες παρατηρήθηκε ότι η δόνηση πιθανότατα επιδρά στα επίπεδα της συνθετάσης του NO (Καρατράντου, 2010). Έχει προταθεί από τους Sears, Choate και Paterson (1999), ότι το NO μειώνει την καρδιακή συχνότητα, διευκολύνει την απελευθέρωση των ορμονών στο αίμα (Godfrey, Madgwick & Whyte, 2003) και επηρεάζει το επίπεδο της αυξητικής ορμόνης (Godfrey et al., 2003), που συσχετίζεται με την αύξηση της υπερτροφίας και δύναμης (Garhammer, 1980; Godfrey et al., 2003).

### ***Παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα του ερεθίσματος της δόνησης***

Η μυϊκή απάντηση στη δόνηση είναι πολυσύνθετο φαινόμενο που πιθανόν επηρεάζεται από διαφορετικούς παράγοντες, όπως η τονικότητα του μυός, τα

χαρακτηριστικά της δόνησης (συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης) (Fratini, Cesareli, Bifulko, LaGatta & Pasquariello, 2009; Jordan et al., 2005), αλλά και από τον τρόπο μετάδοσής της στο σώμα (κατακόρυφη-αμφίπλευρη) (Marin et al., 2010b). Επιπλέον, η αλληλεπίδραση του ανθρώπινου σώματος και της ολόσωμης δόνησης εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ατόμου (μυϊκή σκληρότητα, σωματική μάζα, ανατομικά χαρακτηριστικά, θέση και σύσταση του σώματος, μηχανικές ιδιότητες των ιστών) (Cesarelli et al., 2010; Pel et al., 2009; Smith & Leggat, 2005).

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε περιορισμένος αριθμός μελετών, που εξέτασαν την άμεση ή/και την μακρόχρονη επίδραση διαφορετικής συχνότητας, επιτάχυνσης, διάρκειας και πλάτους ταλάντωσης στην εμφάνιση προπονητικών προσαρμογών σε επιλεγμένες φυσικές ικανότητες (Adams et al., 2009; Bazett-Jones, Finch, & Dugan, 2008; Bosco et al., 1999b; Cardinale, Leiper, Erskine, Milroy & Bell, 2006; Cardinale et al., 2005; Cardinale & Lim, 2003e; Da Silva et al., 2006; Delecluse et al., 2003; Di Giminiani, Tihanyi, Safar & Scrimaglio, 2009; Gerodimos et al., 2010; Ritzmann, Gollhofer & Kramer, 2013; Rittweger et al., 2002a; Rønnestad, 2009a; Rønnestad, 2009b; Di Giminiani et al., 2013). Στις περισσότερες από τις προαναφερθείσες μελέτες (Adams et al., 2009; Bazett-Jones et al., 2008; Cardinale et al., 2003e; Delecluse et al., 2003; Di Giminiani et al., 2009; Ritzmann et al., 2013; Rønnestad, 2009a; Rønnestad, 2009b; Di Giminiani et al., 2013), οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση τόσο της συχνότητας όσο και του πλάτους ταλάντωσης στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν.

### *Συχνότητα δόνησης*

Πιο αναλυτικά, σε μελέτη των Cardinale και συν. (2003e), εξετάστηκε η άμεση επίδραση ενός προγράμματος άσκησης ΟΔ με σταθερό πλάτος και διαφορετική συχνότητα

δόνησης (μέγιστο πλάτος ταλάντωσης: 4mm συχνότητα: 20Hz-40Hz διάρκεια: 5min) σε επιλεγμένες φυσικές ικανότητες. Τα αποτελέσματα της μελέτης κατέδειξαν ότι συχνότητα δόνησης 20 Hz βελτιώνει την κινητικότητα και το κατακόρυφο άλμα (4 %), ενώ αντίθετα συχνότητα 40 Hz μειώνει το κατακόρυφο άλμα και το άλμα με αντίθετη κίνηση, σε νεαρά απροπόνητα άτομα. Αντίθετα, σε μελέτη του Gerodíμου και συν. (2010) δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση τόσο της συχνότητας όσο και του πλάτους ταλάντωσης στη βελτίωση της κινητικότητας και στην κατακόρυφη αλτικότητα, που παρέμεινε αματάβλητη. Τα παραπάνω επιβεβαιώθηκαν εν μέρει σε νεότερη έρευνα του Zory, Aulbrook, Keir και Serresse (2013), στην οποία φάνηκε ότι η άμεση μείωση της ισομετρικής ροπής δύναμης ήταν ανεξάρτητη από τη συχνότητα δόνησης. Επιπλέον, σε μελέτη των Savelberg, Keizer και Meijer (2007), που εξέτασε την μακρόχρονη επίδραση διαφορετικών συχνοτήτων δόνησης και διαφορετικών θέσεων, αναφέρθηκε ότι η βελτίωση της ισομετρικής ροπής δύναμης, που παρατηρήθηκε μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος αμφίπλευρης δόνησης, ήταν ανεξάρτητη τόσο από τις διαφορετικές συχνότητες δόνησης όσο και από τις διαφορετικές θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν.

#### *Πλάτος ταλάντωσης*

Όσον αφορά στην επίδραση του πλάτους ταλάντωσης, σε μελέτη των Rittweger και συν. (2002), παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης αυξάνει περισσότερο την κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος άσκησης αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης. Αντίθετα, σε άλλη μελέτη των Cardinale και συν. (2006) προτάθηκε ότι οι ορμονικές απαντήσεις μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος άσκησης ΟΔ είναι ανεξάρτητες από το πλάτος ταλάντωσης. Έχει προταθεί από τους Ezenwa και Yeoh (2011) ότι το πλάτος ταλάντωσης της μηχανικής δόνησης υποδηλώνει την ένταση της επιβάρυνσης, ενώ η συχνότητα αφορά στην επιλεκτική επιστράτευση των μυϊκών ινών. Σύμφωνα με τους

Martin, Roll και Gauthier (1984), η αύξηση του πλάτους ταλάντωσης σε μια επιλεγμένη συχνότητα δόνησης πιθανόν αυξάνει το επίπεδο της διάτασης του μυός και ενεργοποιεί μεγαλύτερο αριθμό πρωτοταγών νευρικών απολήξεων της μυϊκής ατράκτου (Luo, McNamara & Moran, 2005a). Επιπλέον, ο αριθμός των πρωτοταγών νευρικών απολήξεων της μυϊκής ατράκτου συσχετίζεται με τον αυξημένο ρυθμό εκπόλωσης των Ια-κινητικών νευρώνων, επιτρέπει το μεγαλύτερο αριθμό στρατολόγησης κινητικών μονάδων (Roll et al., 1989; Luo et al., 2005a) και πιθανόν βελτιώνει τη δύναμη.

#### *Διάρκεια - σετ*

Σύμφωνα με τους Li, Lamis και Wilson (2008), η διάρκεια δόνησης καθώς επίσης και ο χρόνος ανάληψης μεταξύ των σετ (Da Silva-Grigoletto et al., 2009) είναι καθοριστικοί παράγοντες στις νευρομυϊκές αποκρίσεις του ανθρώπινου σώματος. Έχει υποστηριχθεί ότι στην προπόνηση ολόσωμης δόνησης η διαλειμματική μέθοδος (διάρκεια 1 min μεμονωμένο ερέθισμα) είναι προτιμότερη, καθώς αυξάνει τη διέγερση, μειώνει την κόπωση, προστατεύει από τραυματισμούς, και ελαττώνει το χρόνο ανάληψης (Adamo, Martin & Johnson, 2002; Cochrane, 2011b).

#### *Θέση τοποθέτησης του ασκουμένου στην πλατφόρμα δόνησης*

Η διαφορετική θέση τοποθέτησης (γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος) του ασκουμένου στην πλατφόρμα κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση αποτελεί έναν παράγοντα που επηρεάζει την ενεργοποίηση των μυών (Abercromby et al., 2007). Πιο συγκεκριμένα, η στάση του σώματος στην πλατφόρμα δόνησης επηρεάζει τη μεταδοτικότητα της μηχανικής ενέργειας της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα (Hazarin & Grzesik, 1998). Σύμφωνα με τον Pell και συν. (2009) το ισομετρικό ημικάθισμα (τύπος δόνησης: αμφίπλευρη, θέση γόνατα: 100°) είναι βέλτιστη άσκηση καθώς αυξάνει τη μετάδοση της δόνησης και διεγείρει τους μύς των κάτω άκρων (ορθός μηριαίος). Αντίθετα, έχουν προταθεί

για την ίδια ισομετρική άσκηση, ως αποτελεσματικότερες στη μεταδοτικότητα του δονητικού ερεθίσματος, γωνίες γονάτων  $90^{\circ}$ - $110^{\circ}$  και  $18.5^{\circ}$ , στην κατακόρυφη και την αμφίπλευρη δόνηση αντίστοιχα (Abercromby et al., 2007a; Cochrane, 2011b; Fricke et al., 2009; Hazarin et al., 1998).

Όσον αφορά στην επίδραση της διαφορετικής θέσης (διαφορετική γωνία κάμψης), η μελέτη των Savelberg, Keizer και Meijer, (2007) εξέτασε τη μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση διαφορετικών συχνοτήτων και διαφορετικών θέσεων ( $10^{\circ}$  ή  $70^{\circ}$  κάμψη γονάτων) στη μέγιστη ισομετρική ροπή δύναμης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, η βελτίωση της ισομετρικής ροπής δύναμης που παρατηρήθηκε μετά τη λήξη του προγράμματος παρέμβασης ήταν ανεξάρτητη τόσο από τις διαφορετικές συχνότητες δόνησης όσο και από τις διαφορετικές θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη. Όπως προκύπτει από την παραπάνω ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία έρευνα, που να εξετάζει την επίδραση της διαφορετικής θέσης (διαφορετικής γωνίας κάμψης γόνατος) τοποθέτησης του ασκούμενου, κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, στη φυσική κατάσταση νεαρών γυναικών.

#### *Άλλοι παράγοντες*

Η αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος άσκησης με ολόσωμη δόνηση πιθανόν επηρεάζεται από το φύλο, την ηλικία, τη μυϊκή προδιάταση, το μήκος του μυός και το αρχικό επίπεδο της φυσικής κατάστασης των ασκούμενων (Lamont et al., 2011; Bressel, Smith, & Branscomb, 2010; Issurin, & Tenenbaum, 1999; Jordan et al., 2005; Rønnestad et al., 2009a; Rønnestad, 2009b). Σε πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης των Kemmler και συν. (2012) έχει προταθεί ότι το πρόγραμμα άσκησης με ΟΔ είναι περισσότερο αποτελεσματικό σε ηλικιωμένα και απροπόνητα άτομα με χαμηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης. Σε συμφωνία με τα παραπάνω ο Rønnestad (2009a), αναφέρει ότι οι αρχάριοι εμφανίζουν καλύτερα



αποτελέσματα στη βελτίωση της δύναμης απ' ότι τα άτομα με φυσική δραστηριότητα. Αντίθετα, άλλη μελέτη υποστηρίζει ότι αθλητές υψηλού επιπέδου παρουσιάζουν μεγαλύτερη βελτίωση της ισχύος (Rønnestad, 2009b) συγκριτικά με τους ερασιτέχνες αθλητές, πιθανόν λόγω της αυξημένης μηχανοευαισθησίας των μυϊκών ιδιοϋποδοχέων και του κεντρικού νευρικού συστήματος των αθλητών υψηλού επιπέδου στο προπονητικό ερέθισμα της δόνησης (Issurin et al., 1999; Καρατράντου, 2010).

### **Κινητικότητα**

Η κινητικότητα είναι μια από τις ικανότητες της φυσικής κατάστασης που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην αθλητική απόδοση όσο και στην ποιότητα της καθημερινής ζωής (ACSM, 2000; Garber et al., 2011; Nelson et al., 2007a, 2007b; O'Donovan et al., 2010). Στον όρο κινητικότητα περιλαμβάνεται τόσο η ευλυγισία (ικανότητα διάτασης των μυών, τενόντων, συνδέσμων και αρθρικών θυλάκων) όσο και η ευκαμψία (εύρος κίνησης της άρθρωσης). Ένα ικανοποιητικό επίπεδο κινητικότητας μειώνει τον κίνδυνο τραυματισμών, συμβάλλει στη διατήρηση της καλής στάσης του σώματος και στην αποτελεσματικότερη εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων (πχ. δουλειές σπιτιού, οδήγηση κτλ.) (ACSM, 2000; Corbin et al., 2000) (Protas et al., 2001). Επιπρόσθετα, η κινητικότητα συμβάλλει θετικά στη διαδικασία εκμάθησης των δεξιοτήτων, καθώς και στην επιτάχυνση των διαδικασιών αποκατάστασης μετά από μια έντονη προπονητική επιβάρυνση (Alter, 1988).

Η ανάπτυξη της κινητικότητας (κυρίως το εύρος κίνησης μιας άρθρωσης) εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η κινητικότητα της αρθρικής κάψουλας, το ιξώδες των μυών, καθώς και η προσαρμοστικότητα των συνδέσμων και των τενόντων (ACSM, 2000). Η ηλικία, το φύλο, η ψυχολογική ένταση, η ώρα της ημέρας, η θερμοκρασία, η προθέρμανση και η κόπωση αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κινητικότητα.

(Docherty, 1996; Hubley-Kozey, 1991), και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με στόχο τη βελτίωσή της.

Η βελτίωση της κινητικότητας πραγματοποιείται συνήθως χρησιμοποιώντας τις μυϊκές διατάσεις είτε με τη δυναμική ή βαλλιστική είτε με τη στατική μέθοδο (Sands, McNeal, Stone, Russell, & Jemni, 2006). Για τη βελτίωση της κινητικότητας τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται η άσκηση με δόνηση (τοπική και ολόσωμη), είτε ως μοναδική μέθοδος (Καρατράντου, Γεροδήμος, Σωτηριάδης, Χάνου, & Παπαϊωάννου 2008; Kinser et al., 2008; Jacobs & Burns, 2009), είτε σε συνδυασμό με κάποιο τύπο διατάσεων (Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006; Van den Tillaar, 2006).

### ***Επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα***

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες μια νευρομυϊκής φύσεως μορφή άσκησης, όπως είναι η δόνηση, είναι πιθανόν να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της κινητικότητας (Bautmans et al., 2005; Fagnani et al., 2006; van den Tillaar, 2006; Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006; Sands et al., 2008). Γενικά, έχει παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση της κινητικότητας με την εφαρμογή προγραμμάτων τόσο ολόσωμης (Bautmans et al., 2005; Fagnani et al., 2006; van den Tillaar, 2006) όσο και τοπικής δόνησης (Cronin, Nash, & Whatman, 2008; Issurin et al., 1994; Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006; Sands et al., 2008; Sands et al., 2008). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η άσκηση με δόνηση σε συνδυασμό με πιο παραδοσιακές μεθόδους προπόνησης της κινητικότητας (στατική μέθοδο) επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στη βελτίωση της κινητικότητας (Issurin et al., 1994; Sands et al., 2006; van den Tillaar, 2006).

### ***Άμεση επίδραση της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα***

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι μελέτες που αξιολογούν την άμεση επίδραση της άσκησης με ΟΔ στην κινητικότητα είναι λίγες και εμφανίζουν μη σταθερά και

αντικρουόμενα αποτελέσματα (Gerodimos et al., 2010). Οι περισσότερες έρευνες παρουσίασαν θετικά αποτελέσματα σε ότι αφορά την κινητικότητα (Cardinale & Lim, 2003; Cochrane & Stannard, 2005; Καρατράντου και συν., 2008)

Πιο αναλυτικά, οι Cochrane και Stannard (2005), εξέτασαν την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα της οσφυϊκής μοίρας και των οπίσθιων μηριαίων (συχνότητα: 26Hz, πλάτος ταλάντωσης: 6mm, διάρκεια: 5min). Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση (+8.2%) της κινητικότητας. Επιπρόσθετα, στην έρευνα της Καρατράντου και των συνεργατών της (2008), μελέτησαν νεαρές γυναίκες φυσικά δραστήριες, οι οποίες συμμετείχαν σε πρωτόκολλο άσκησης με αμφίπλευρη δόνηση (συχνότητα: 25Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4mm, διάρκεια: 6min). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση της κινητικότητας κατά 4.5%.

Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα των Jacobs και Burns (2009), όπου μελέτησαν 20 νεαρά άτομα (10 άνδρες, 10 γυναίκες, 29 ±10 ετών) που ακολούθησαν ένα πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης (συχνότητα: 26Hz, 16cm απόσταση κάθε ποδιού από τον άξονα περιστροφής, διάρκεια: 6min) και ένα πρωτόκολλο στατικού εργομετρικού ποδηλάτου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κινητικότητα βελτιώθηκε περισσότερο στο πρωτόκολλο δόνησης σε σχέση με το πρωτόκολλο ποδηλάτου (16,2% και 2,6%, αντίστοιχα). Τέλος, οι Bunker, Rhea, Simons, και Marin (2010), εξέτασαν την άμεση επίδραση της κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης (iTonic) σε 10 άνδρες ερασιτέχνες παίκτες του γκολφ (45±15 ετών). Οι συμμετέχοντες ακολούθησαν ένα πρόγραμμα άσκησης με ολόσωμη δόνηση (συχνότητα: 50Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2mm, διάρκεια: 30s/άσκηση) που περιελάμβανε 8 διαφορετικές ασκήσεις πάνω στη πλατφόρμα. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε σημαντική βελτίωση της κινητικότητας.

Επιπλέον, τα παραπάνω φαίνεται να ενισχύονται από τα αποτελέσματα πρόσφατης έρευνας του Kemertzis, Lytgho, Morgan και Galea (2008), στην οποία δεν παρατηρήθηκε

στατιστικά σημαντική μεταβολή της κινητικότητας της ποδοκνημικής άρθρωσης μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος ΟΔ (συχνότητα: 24 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-4.5 mm, διάρκεια: 5 min) σε συνδυασμό με παθητική διάταση.

### *Άμεση επίδραση διαφορετικών χαρακτηριστικών της δόνησης στην κινητικότητα*

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βρέθηκαν δυο έρευνες, οι οποίες εξέτασαν την άμεση επίδραση διαφορετικών χαρακτηριστικών της δόνησης (εύρος μετατόπισης ή/και συχνότητα ή/και αριθμό σειρών) στην κινητικότητα. Αντιπροσωπευτική είναι η έρευνα του Cardinale και Lim (2003) όπου εξέτασαν την άμεση επίδραση δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης (Nemes LC, the Bosco System, Italy) με έμφαση στη σύγκριση δύο διαφορετικών συχνοτήτων δόνησης. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 άτομα ( $21 \pm 2$  ετών), χωρισμένα σε δύο ομάδες: ομάδα υψηλής συχνότητας (40Hz, 4mm, 5x1min με 1min διάλειμμα., στάση: ημικάθισμα) και ομάδα χαμηλής συχνότητας (20Hz, 4mm, 5x1min με 1min διάλειμμα., στάση: ημικάθισμα). Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, στην ομάδα χαμηλής συχνότητας παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της κινητικότητας (10.1%), ενώ στην ομάδα υψηλής συχνότητας δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της κινητικότητας.

Τέλος, οι δύο μελέτες που πραγματοποίησε ο Gerodimos και οι συνεργάτες του (2010) εξέτασαν την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, διαφορετικών συχνοτήτων και διαφορετικού πλάτους ταλάντωσης, σε πλατφόρμα αμφίπλευρης δόνησης. Στη μελέτη που εξέτασε την επίδραση της διαφορετικής συχνότητας, συμμετείχαν 18 νεαρές γυναίκες ηλικίας  $20.2 \pm 2.0$  ετών. Οι συμμετέχουσες εκτέλεσαν 3 πρωτόκολλα δόνησης (συχνότητα: 15Hz, 20Hz, 30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 6mm, διάρκεια: 6min) και ένα πρωτόκολλο ελέγχου. Στη μελέτη που εξέτασε τη μεταβλητότητα του εύρους μετατόπισης, χρησιμοποιήθηκε δείγμα 25 νεαρών γυναικών ηλικίας  $20.5 \pm 1.7$  ετών. Οι συμμετέχουσες εκτέλεσαν 3 πρωτόκολλα δόνησης (συχνότητα: 25Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4mm, 6mm, 8mm, διάρκεια: 6min) και ένα πρωτόκολλο ελέγχου. Τα αποτελέσματα των ερευνών έδειξαν αύξηση της κινητικότητας κατά 3.4-6.1%, η οποία διατηρήθηκε 15min μετά το πέρας της

άσκησης με ολόσωμη δόνηση. Ωστόσο, η επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, ήταν ανεξάρτητη από τη συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης που χρησιμοποιήθηκαν στην ανωτέρω μελέτη.

Από την παρούσα ανασκόπηση προέκυψε το συμπέρασμα ότι έχει πραγματοποιηθεί μικρός αριθμός ερευνών όσον αφορά στην επίδραση διαφορετικών χαρακτηριστικών της επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση. Επιπρόσθετα, από την παρούσα ανασκόπηση δε βρέθηκε κάποια μελέτη που να εξετάζει την επίδραση της διαφορετικής θέσης τους ασκούμενου πάνω στην πλατφόρμα κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση. Περαιτέρω μελέτη κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα όσον αφορά στον αποτελεσματικότερο και ασφαλέστερο συνδυασμό των χαρακτηριστικών της ΟΔ με στόχο τη βελτίωση της κινητικότητας.

#### *Μακροχρόνια επίδραση της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα*

Οι μελέτες που εξέτασαν τη μακροχρόνια επίδραση της ΟΔ στην κινητικότητα είναι περιορισμένες. Στην έρευνα του Fagnani και των συνεργατών του (2006) έλαβαν μέρος 26 γυναίκες αθλήτριες (ηλικίας 21-27 ετών), οι οποίες ακολούθησαν ένα πρόγραμμα κατακόρυφης ΟΔ (συχνότητα: 35 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4 mm, διάρκεια: 2-6 min) για 8 εβδομάδες, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της κινητικότητας (+13%). Επιπλέον, ο Bautmans και οι συνεργάτες του (2005) παρατήρησαν αύξηση της κινητικότητας των κάτω άκρων σε ηλικιωμένα άτομα, με την εφαρμογή ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ (συχνότητα: 30-50 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2-5 mm), για χρονικό διάστημα 6 εβδομάδων με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα. Παρόμοια, ο van den Tillaar (2006), ανέφερε σημαντική αύξηση του εύρους κίνησης των δικέφαλων μηριαίων μυών (+30%), με την εφαρμογή ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ (συχνότητα: 28 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 10 mm, διάρκεια:

6σετ x 30s) σε συνδυασμό με μια παραδοσιακή μέθοδο προπόνησης της κινητικότητας, για τέσσερις εβδομάδες (συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα), σε νεαρούς ενήλικες άνδρες και γυναίκες (21.5±2 ετών). Από την παρούσα ανασκόπηση προέκυψε το συμπέρασμα ότι έχει πραγματοποιηθεί μικρός αριθμός ερευνών όσον αφορά στη μακρόχρονη επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα.

Παρόμοια σε πρόσφατη μελέτη του Khadrajy (2012), έλαβαν μέρος 24 φοιτήτριες φυσικής αγωγής (19-21 ετών), οι οποίες χωρίστηκαν σε δυο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης 8 εβδομάδων (3 φορές την εβδομάδα) με κατακόρυφη δόνηση με τα εξής στοιχεία επιβάρυνσης: (συχνότητα: 25-50Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2-4mm, Θ-A: 6 στατικές & δυναμικές ασκήσεις), ενώ η ΟΕ προπονήθηκε με το ίδιο πρόγραμμα χωρίς ΟΔ. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ΟΔ αύξησε σημαντικά την κινητικότητα (+40.8%), ενώ στην ΟΕ παρέμεινε αμετάβλητη. Σε άλλη έρευνα, ο Mazo (2010) ανέφερε σημαντική αύξηση της κινητικότητας (sit-and-reach test) μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ [συχνότητα: 45Hz, πλάτος ταλάντωσης: 1.8mm, διάρκεια: 5min (5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ), Θ-A: στατ. ημικ (45°), 3 φορές την εβδομάδα] για τρεις εβδομάδες σε νεαρούς αθλητές ενόργανης γυμναστικής (21.5±5.5 ετών). Αντίθετα, ο Cole και συν. (2010) δεν παρατήρησαν βελτίωση της κινητικότητας (sit-and-reach test) σε νεαρά προπονημένα άτομα, μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ (συχνότητα: 30-50Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2-6mm, διάρκεια: 3-4 min, δ. 2/ασκ, Θ-A: 4 δυναμικές & στατικές ασκήσεις κάτω άκρων, 2 φορές την εβδομάδα) με διάρκεια 5 εβδομάδες.

### **Κατακόρυφη αλτικότητα**

Η ισχύς είναι δομικό στοιχείο της φυσικής κατάστασης και αποτελεί σημαντικό παράγοντα τόσο στη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Adams et al. 2009; Buttifant et al.

2011) όσο και στην προαγωγή της υγείας (πρόληψη και αντιμετώπιση ασθενειών) και συνεπώς της ποιότητας της ζωής (επίτευξη καθημερινών λειτουργικών στόχων & δραστηριοτήτων) (Adams et al. 2009; Macaluso & De Vito, 2004; Surakka, 2005). Σύμφωνα με τους Adams και συν. (2009) και Ebben, Hintz, και Simenz (2005) η ισχύς μπορεί να βελτιωθεί μέσω προγραμμάτων άσκησης με τις «κλασικές» μεθόδους προπόνησης, που περιλαμβάνουν μονοαρθρικές και πολλααρθρικές ασκήσεις με αντιστάσεις (Garhammer & Gregor, 1992; Ratamess et al, 2009), αλτικές και πλειομετρικές ασκήσεις. Επιπρόσθετα, τα τελευταία χρόνια σε μελέτες έχει διερευνηθεί η άμεση (Gerodimos et al., 2010; Bedient et al., 2010; Adams et al., 2009; Bullock et al., 2008; Jacobs και συν. 2009; Stewart και συν. 2009), η βραχύχρονη (Bosco et al., 1998; Cochrane et al., 2004; Cronin et al., 2004a; de Ruitter et al., 2003b) και η μακρόχρονη (Annino et al., 2007; Bogaerts et al., 2009; Delecluse et al., 2003; Fagnani et al., 2006; Raimundo et al., 2009; Roelants et al., 2004b) επίπτωση της ΟΔ στη επίδραση της ισχύος.

Αντικρουόμενα είναι τα αποτελέσματα, όσον αφορά στη βραχύχρονη και τη μακρόχρονη επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη δύναμη και την κατακόρυφη αλτικότητα. Πιο αναλυτικά, έρευνες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε χρονικό διάστημα 3-32 εβδομάδων (16-96 προπονητικές μονάδες), αναφέρουν είτε βελτίωση (Annino et al., 2007; Delecluse et al., 2003; Di Giminiani, Tihanyi, Safar, & Scrimaglio, 2009; Fagnani et al., 2006; Torvinen et al., 2002; Torvinen et al., 2003) της δύναμης και της κατακόρυφης αλτικότητας είτε καμία μεταβολή (de Ruitter et al., 2003; Delecluse et al., 2005; Karatrantou, Gerodimos, Dipla & Zafeiridis, 2013; Kvorning et al., 2006; Torvinen et al., 2003), μετά την εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση: 20-45Hz συχνότητα, 1.7-8mm πλάτος ταλάντωσης και 2-20min διάρκεια.



### *Άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα*

Η πιθανή επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα έχει διερευνηθεί στη διεθνή βιβλιογραφία από ένα μεγάλο αριθμό μελετών οι οποίες όμως κατέληξαν σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Έτσι, σύμφωνα με αρκετούς ερευνητές (Bullock et al., 2008; Crow, Buttifant, Kearny, & Hrysomallis, 2012; Lora et al., 2010; Stevenson, 2005; Torvinen et al., 2002; Πισπιρίκου et al., 2009) μετά τη εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση (25-40Hz συχνότητα, 2-8mm πλάτος ταλάντωσης, 45s-10min διάρκεια, στατικές-δυναμικές ασκήσεις) δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στην κατακόρυφη αλτικότητα. Όμως, δεν είναι λίγες οι έρευνες στις οποίες παρατηρήθηκε αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας (0.7-8.1%), μετά την εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση (συχνότητα:15-30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2.5-10mm, διάρκεια: 30s-10min) (Bosco et al., 2000; Cormie et al., 2006; Dabbs et al., 2011; Cochrane & Stannard 2005; Torvinen et al., 2002). Αντίθετα, ο Rittweger και οι συνεργάτες του (2000) παρατήρησαν μείωση (9,1%) της κατακόρυφης αλτικότητας νεαρών ανδρών μετά την εφαρμογή ενός έντονου πρωτοκόλλου ολόσωμης δόνησης, όπου η διάρκεια του ήταν μέχρι εξαντλήσεως.

### *Άμεση επίδραση διαφορετικών χαρακτηριστικών της δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα*

Σε έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες, που πιθανόν επηρεάζουν τον τρόπο που το ερέθισμα της δόνησης επιδρά στο ανθρώπινο σώμα. Γι' αυτό, τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερες μελέτες έχουν στραφεί στη σύγκριση διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης ώστε να οδηγηθούν σε πιο σαφή συμπεράσματα όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα. Έτσι έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που εξέτασαν την επίδραση ενός ή και

περισσότερων χαρακτηριστικών της επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση.

#### Επίδραση μεμονωμένων χαρακτηριστικών της WBV

Συχνότητα: Από τη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας πρόεκυψαν κάποιες μελέτες που εξέτασαν την άμεση επίδραση της άσκησης με WBV, διαφορετικών συχνοτήτων, χρησιμοποιώντας πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης (Cardinale & Lim, 2003; Da Silva et al., 2006; Tuner et al., 2011), ενώ βρέθηκε μόνο μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε πλατφόρμα αμφίπλευρης δόνησης (Gerodimos et al., 2010). Πιο αναλυτικά, στην έρευνα των Cardinale & Lim (2003) εφαρμόστηκε πρωτόκολλο κατακόρυφης δόνησης (Nemes LC) δυο διαφορετικών συχνοτήτων (20Hz, 40Hz) σε νεαρά φυσικά δραστήρια άτομα ( $21 \pm 2$ ετών). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, στη χαμηλή συχνότητα παρατηρήθηκε βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας (3.9%), ενώ στην υψηλή συχνότητα δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση. Παρόμοια, στην έρευνα του Da Silva και των συνεργατών του (2006) έλαβαν μέρος 31 άτομα ( $19.7 \pm 1.9$  ετών) τα οποία εκτέλεσαν 3 πρωτόκολλα με διαφορετικές συχνοτήτες (20, 30, 40Hz) και κοινά τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της επιβάρυνσης (4mm, 6 σειρές x 6s) σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε αύξηση στο άλμα από ημικάθισμα στα 20 και 30Hz, αλλά υπήρξε μείωση στα 40Hz, ενώ στο άλμα με αντίθετη κίνηση υπήρξε αύξηση στα 30Hz, μείωση στα 40Hz και καμία επίδραση στα 20Hz. Σε αντίθεση με τα παραπάνω αποτελέσματα, ο Tuner και οι συνεργάτες του (2011), μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου κατακόρυφης δόνησης, βρήκαν αύξηση στο άλμα με αντίθετη κίνηση χρησιμοποιώντας συχνότητα 40Hz ενώ στα 30Hz και 35Hz δεν βρήκαν καμία επίδραση. Τέλος, στην έρευνα του Gerodimou και των συνεργατών του (2010), συμμετείχαν 18 νεαρές γυναίκες, με φυσική δραστηριότητα, οι οποίες πραγματοποίησαν 3 πρωτόκολλα δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων (συχνότητα:

15Hz, 20Hz, 30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 6mm, διάρκεια: 6min), σε πλατφόρμα αμφίπλευρης δόνησης (Galileo Fitness), και ένα πρωτόκολλο ελέγχου. Από τα αποτελέσματα δεν προέκυψε καμία επίδραση στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα.

Πλάτος ταλάντωσης: Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βρέθηκε μια μόνο έρευνα (Gerodimos et al., 2010) που εξέτασε τη μεταβολή του πλάτους ταλάντωσης. Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε δείγμα 25 νεαρών γυναικών ηλικίας  $20.5 \pm 1.7$  ετών. Οι συμμετέχουσες εκτέλεσαν 3 πρωτόκολλα δόνησης (συχνότητα: 25Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4mm, 6mm, 8mm, διάρκεια: 6min), σε πλατφόρμα αμφίπλευρης δόνησης (Galileo Fitness), και ένα πρωτόκολλο ελέγχου. Από τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα των νεαρών γυναικών.

Διάρκεια: Ελάχιστες είναι οι έρευνες που εξέτασαν την άμεση επίδραση της συνολικής διάρκειας έκθεσης του σώματος στο ερέθισμα της δόνησης, καθώς και το χρόνο ανάληψης μεταξύ των σετ χρησιμοποιώντας πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης (Silva-Grigoletto et al., 2009; Silva-Grigoletto et al., 2011).

Διάρκεια έκθεσης: Οι Silva-Grigoletto et al., (2011) θέλησαν να καθορίσουν την ασφαλέστερη και αποτελεσματικότερη διάρκεια έκθεσης, του σώματος, στο ερέθισμα της δόνησης, με στόχο την αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας. Το δείγμα, της ανωτέρω μελέτης, αποτέλεσαν 30 άνδρες ( $19.5 \pm 1.5$ ετών), φυσικά δραστήριοι, οι οποίοι πραγματοποίησαν διάφορα πρωτόκολλα άσκησης με ΟΔ, με έμφαση στη διαφορετική διάρκεια έκθεσης του σώματος στο ερέθισμα της δόνησης (συχνότητα: 30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4mm, διάρκεια: 6 σειρές x 30, 60 ή 90s, διάλειμμα 2min,  $100^\circ$  κάμψη γονάτου). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τη μελέτης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της

κατακόρυφης αλτικότητας στα 30s και 60s, ενώ στα 90s παρατηρήθηκε μείωση της κατακόρυφης αλτικότητας.

Σειρές και χρόνος ανάληψης μεταξύ των σειρών: Σκοπός της μελέτης των Silva-Grigoletto et al., (2011) ήταν να βρει τον ασφαλέστερο και αποτελεσματικότερο αριθμό σειρών, κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, όπου να συμβάλλει στην αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας. Το δείγμα αποτέλεσαν 27 άνδρες ( $19.4 \pm 1.5$ ετών) φυσικά δραστήριοι, που πραγματοποίησαν 3 πρωτόκολλα άσκησης με ολόσωμη δόνηση, με διαφορετικό αριθμό σειρών και κοινά όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της επιβάρυνσης (συχνότητα: 30Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4mm, διάρκεια: 3,6 ή 9 σειρές x 60s, διάλειμμα 2min, θέση: ημικάθισμα  $100^\circ$  κάμψη της άρθρωσης του γόνατος). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση των 6 σετ, κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης, βελτίωσε περισσότερο την κατακόρυφη αλτικότητα σε σχέση με τα 3 σετ, ενώ η χρήση των 9 σετ δεν είχε καμία επίδραση στην ικανότητα που αξιολογήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, το άλμα από ημικάθισμα (SJ) αυξήθηκε κατά 4,77% και 2,08% και το άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ) κατά 5,12% και 4,17%, στα 6 και 3 σετ αντίστοιχα.

Σε μια άλλη έρευνα, ο Silva-Grigoletto και οι συνεργάτες του (2009) χρησιμοποίησαν 30 άτομα ( $19.6 \pm 2$ ), με φυσική δραστηριότητα, στους οποίους εφάρμοσαν τρία πρωτόκολλα άσκησης με ολόσωμη δόνηση (30Hz, 4mm, 6 σειρές x 60s,  $10^\circ$  κάμψη γόνατου). Η διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ήταν στο χρόνο ανάληψης μεταξύ των σειρών (1min, 2min, 3min). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση στο κατακόρυφο άλμα μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων άσκησης με χρόνο ανάληψης μεταξύ των σειρών 1min και 2min (2min > 1min), ενώ δεν υπήρχε καμία επίδραση στα 3min.

*Επίδραση, ταυτόχρονα, δύο ή περισσότερων χαρακτηριστικών της ολόσωμης δόνησης*

Στη βιβλιογραφία βρέθηκαν ορισμένες έρευνες οι οποίες εξέτασαν ταυτόχρονα την άμεση επίδραση διαφορετικών συχνοτήτων και διαφορετικού πλάτους ταλάντωσης στην κατακόρυφη αλτικότητα. Πιο συγκεκριμένα, ο Bazzett-Jones και οι συνεργάτες του (2008), εφάρμοσαν διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με κατακόρυφη δόνηση (Power Plate) σε 44 νεαρά απροπόνητα άτομα (άνδρες και γυναίκες). Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις διαφορετικοί συνδυασμοί συχνότητας και πλάτους ταλάντωσης (30-50Hz, 2-6mm, 45s, άσκηση: ημικάθισμα 90° κάθε 5s). Τα αποτελέσματα ήταν στατιστικά σημαντικά μόνο για τις γυναίκες, όπου παρατηρήθηκε βελτίωση του άλματος κατά 9% στα 40Hz και 8,3% στα 50Hz, ενώ για τους άντρες δεν υπήρξε μεταβολή. Επιπρόσθετα, ο Armstrong και οι συνεργάτες του (2010) εξέτασαν 30 άνδρες και 60 γυναίκες (19±1 ετών) όπου χωρίστηκαν σε 8 ομάδες δόνησης (ΟΔ) την: ΟΔ1 (30Hz, 2-4mm), ΟΔ2 (30Hz, 4-6mm), ΟΔ3 (35Hz, 2-4mm), ΟΔ4 (35Hz, 4-6mm), ΟΔ5 (40Hz, 2-4mm), ΟΔ6 (40Hz, 4-6mm), ΟΔ7 (50Hz, 2-4mm) και ΟΔ8 (50Hz, 4-6mm). Στην ανωτέρω μελέτη οι συμμετέχοντες στέκονταν όρθιοι πάνω στην πλατφόρμα με τα γόνατα ελαφρώς λυγισμένα (10°) για 1 min. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε βελτίωση στο άλμα με αντίθετη κίνηση, ανεξάρτητα από το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε. Τέλος, στην έρευνα του Bedient και των συνεργατών του (2009), 40 νεαρά άτομα (26.9±5.32 ετών) πραγματοποίησαν 8 πρωτόκολλα δόνησης με διαφορετική συχνότητα 30, 35, 40, 50Hz και διαφορετικό εύρος μετατόπισης 2-4,4-6mm, και κοινά όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της επιβάρυνσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε αύξηση στο άλμα με αντίθετη κίνηση αμέσως μετά το πέρας των πρωτοκόλλων άσκησης. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η βελτίωση που παρατηρήθηκε στην ανωτέρω μελέτη ήταν μεγαλύτερη στα 30Hz σε σύγκριση με τα 35Hz και 40Hz.

Κάποιες άλλες μελέτες εξέτασαν, ταυτόχρονα, τη μεταβολή της συχνότητας δόνησης και της διάρκειας (Lamont et al., 2010; Artero et al., 2007). Πιο αναλυτικά, στη μελέτη του Lamont και των συνεργατών του (2010), χρησιμοποιήθηκε δείγμα 21 ανδρών (18-30ετών) με φυσική δραστηριότητα, όπου πραγματοποίησαν 4 πρωτόκολλα άσκησης (ΠΔ), σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης: ΠΔ1 (30Hz, 4-6mm, 30s, 135±5°κάμψη γονάτου), ΠΔ2 (30Hz, 4-6mm, 3 σειρές x 10s, διάλειμμα 60s, 135±5°κάμψη γονάτου), ΠΔ3 (50Hz, 4-6mm, 30s, 135±5°κάμψη γονάτου) και ΠΔ4 (50Hz, 4-6mm, 3 σειρές x10s, διάλειμμα 60s, 135±5° κάμψη γονάτου). Από τα αποτελέσματα της μελέτης δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στην κατακόρυφη αλτικότητα των νεαρών ανδρών. Όσον αφορά στην αμφίπλευρη δόνηση, βρέθηκε μια μελέτη όπου εξέτασε την επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, μεταβάλλοντας τόσο τη συχνότητα όσο και τη διάρκεια του πρωτοκόλλου. Συγκεκριμένα, ο Artero και οι συνεργάτες του (2007) μετά το πέρας διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης με αμφίπλευρη δόνηση (Galileo 900, Germany), εφαρμόζοντας διαφορετικούς συνδυασμούς συχνότητας (20, 25, 30Hz) και διάρκειας (90, 120s), παρατήρησαν ότι η αλτικότητα των δοκιμαζομένων μειώθηκε σημαντικά αμέσως μετά την άσκηση. Ωστόσο, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, 1 min μετά το πέρας των πρωτοκόλλων άσκησης οι τιμές της κατακόρυφης αλτικότητας επανήλθαν στο αρχικό επίπεδο.

Τέλος, ο Adams και οι συνεργάτες του (2009) εξέτασαν ταυτόχρονα, τη μεταβολή τριών χαρακτηριστικών της επιβάρυνσης (συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης, διάρκεια), σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης (Adams et al., 2009). Πιο συγκεκριμένα, ο Adams και οι συνεργάτες του (2009), εξέτασαν 22 απροπόνητα άτομα (23-39 ετών) στα οποία εφάρμοσαν πρωτόκολλα άσκησης με ολόσωμη δόνηση (Power Plate) διαφορετικών συχνοτήτων (30, 35, 40, 50Hz), εύρους μετατόπισης (2-4, 4-6mm) και διάρκειας (30-60s), και διαπίστωσαν σημαντική αύξηση του άλματος με αντίθετη κίνηση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανωτέρω μελέτης, ο συνδυασμός υψηλής συχνότητας με μεγάλο πλάτος ταλάντωσης και

χαμηλής συχνότητας με μικρό πλάτος ταλάντωσης ήταν πιο αποτελεσματικός για τη βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας.

Από την παρούσα ανασκόπηση προέκυψε το συμπέρασμα ότι έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες όσον αφορά στην άμεση επίδραση των διαφορετικών χαρακτηριστικών της επιβάρυνσης, κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, στην κατακόρυφη αλτικότητα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι περισσότερες από τις μελέτες αυτές πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης, αντίθετα πολύ λίγες είναι οι μελέτες που χρησιμοποίησαν αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση. Επιπρόσθετα, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δε βρέθηκε καμία μελέτη η οποία εξέτασε την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, με έμφαση στη διαφορετική γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, στην κατακόρυφη αλτικότητα.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Δείγμα

Στην έρευνα έλαβαν μέρος εθελοντικά 36 νεαρές γυναίκες φυσικά δραστήριες, φοιτήτριες του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ηλικίας 18-24 ετών, οι οποίες χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ισάριθμες ομάδες: α) ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 10°, β) ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 60° και γ) ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 90°, 12 άτομα ανά ομάδα. Οι συμμετέχουσες κάθε ομάδας πραγματοποίησαν δύο πρωτόκολλα: ένα πρωτόκολλο δόνησης και ένα πρωτόκολλο ελέγχου. Η ηλικία και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος, ανά ομάδα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι συμμετέχουσες πριν την έναρξη της μελέτης ενημερώθηκαν και υπέγραψαν σχετική φόρμα συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Η παρούσα έρευνα εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του ΤΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

**Πίνακας 1.** Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος, ανά ομάδα (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδα		
	ΟΔ-10*	ΟΔ-60*	ΟΔ-90*
Ηλικία (έτη)	18.92±1.64	19.08±1.08	20.00±1.48
Σωματική μάζα (Kg)	65.42±11.87	61.98±13.34	59.38±7.61
Ανάστημα (m)	1.67±0.05	1.66±0.08	1.67±0.05
ΔΜΣ (kg/m <sup>2</sup> )*	23.24±3.29	22.29±2.93	21.23±2.28

\*ΟΔ-10: ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 10°, \*ΟΔ-60: ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 60°, \*ΟΔ-90: ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 90°, \*ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος = σωματική μάζα/ανάστημα<sup>2</sup>



## **Όργανα άσκησης - μέτρησης**

*Ζυγός:* Η μέτρηση της σωματικής μάζας των δοκιμαζομένων πραγματοποιήθηκε σε ζυγό ακριβείας Seca (Seca model 755, Seca, Hamburg, Germany) με ακρίβεια 0,5kg.

*Αναστημόμετρο:* Η μέτρηση του αναστήματος των δοκιμαζομένων πραγματοποιήθηκε σε ειδικό σταθερό αναστημόμετρο (Seca model 220, Seca, Hamburg, Germany).

*Κιβώτιο (box):* Για τη μέτρηση της κινητικότητας χρησιμοποιήθηκε ειδικό κιβώτιο (sit and reach flex tester, Novel Products Inc, Rockton, IL).

*Σταθερό δυναμοδάπεδο:* Για τη μέτρηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας των νεαρών γυναικών χρησιμοποιήθηκε σταθερό δυναμοδάπεδο (Bertec Corp., Worthington, OH).

*Πλατφόρμα δόνησης:* Για την πραγματοποίηση του προγράμματος παρέμβασης της ομάδας άσκησης χρησιμοποιήθηκε πλατφόρμα αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης (Galileo Fitness, Novotec, Germany). Στη συγκεκριμένη πλατφόρμα: η συχνότητα δόνησης κυμαίνεται από 5 έως 30Hz και το πλάτος ταλάντωσης από 0 έως 10.4mm.

*Γωνιόμετρο:* Για τον έλεγχο της γωνίας των γονάτων, κατά τη διάρκεια της άσκησης με δόνηση, χρησιμοποιήθηκε γωνιόμετρο (Gollehon, Lafayette).

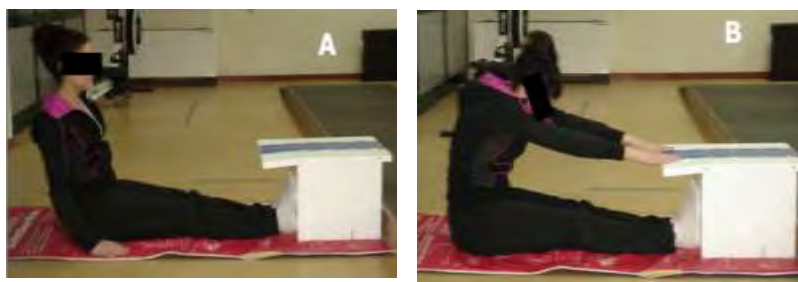
## **Περιγραφή Δοκιμασιών**

*Μέτρηση σωματικής μάζας:* Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας οι δοκιμαζόμενες στέκονταν ελαφρά ντυμένες στο κέντρο του ζυγού, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια. Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια μισού κιλού (0.5kg) και επαναλήφθηκε 2 φορές (Lohman, Roche, & Martorell, 1988 ).

*Μέτρηση αναστήματος:* Οι εξεταζόμενες στέκονταν όρθιες, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια, τα χέρια να κρέμονται ελεύθερα στα πλάγια, τα πόδια

(ενωμένα) και το κεφάλι (όρθιο). Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια εκατοστού (1cm) και επαναλήφθηκε 2 φορές (Lohman et al., 1988).

Δοκιμασία κινητικότητας: Για τη μέτρηση της κινητικότητας της άρθρωσης του ισχίου και της οσφυϊκής μοίρας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία δίπλωσης του κορμού (sit-and-reach test). Οι εξεταζόμενες κάθονταν χωρίς παπούτσια στο πάτωμα με τα γόνατα τεντωμένα και τα πέλματα να εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια ειδικού κιβωτίου (Εικόνα 1). Οι εξεταζόμενες, έχοντας ως αρχική θέση την παραπάνω, εκτελούσαν κάμψη του κορμού με σταθερό ρυθμό τεντώνοντας μπροστά, πάνω στην αριθμημένη επιφάνεια του κιβωτίου, όσο το δυνατόν περισσότερο και τα δύο τους χέρια, χωρίς να λυγίζουν τα γόνατα και διατηρώντας την τελική τους θέση για 2s. Πραγματοποιήθηκαν δύο προσπάθειες και καταγράφηκε η καλύτερη. Μεταξύ των δύο προσπαθειών μεσολαβούσε διάλειμμα 10s (ACSM, 2007; Cochrane & Stannard, 2005; Fagnani et al., 2006).



**Εικόνα 1.** Δοκιμασία Δίπλωσης του κορμού (Sit & Reach Test)

Κατακόρυφη αλτική ικανότητα: Για την αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας, τα άλματα με τη σειρά που πραγματοποιήθηκαν ήταν: άλμα από ημικάθισμα (Squat Jump ή SJ), και άλμα με αντίθετη κίνηση (Counter movement jump ή CMJ).

*Άλμα από ημικάθισμα:* Οι δοκιμαζόμενες ξεκινώντας από τη θέση του ημικαθίσματος (90°) με όρθιο τον κορμό, τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων και τα χέρια στη μέση, εκτελούσαν μέγιστο κατακόρυφο άλμα, χωρίς να κάνουν αντίθετη κίνηση προς τα κάτω (Εικόνα 2). Η

προσγείωση γινόταν με τις μύτες των ποδιών στο σημείο από όπου ξεκίνησε το άλμα (Bosco, Luhtanen & Komi, 1983; Bosco, 1995; Γεροδήμος και συν., 2006).



**Εικόνα 2.** Αξιολόγηση κατακόρυφης αλτικότητας: άλμα από ημικάθισμα.

*Άλμα με αντίθετη κίνηση:* Οι εξεταζόμενες από όρθια θέση, με τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων και τα χέρια στη μέση εκτελούσαν μέγιστο κατακόρυφο άλμα μετά από μια αντίθετη κίνηση προς τα κάτω (τα γόνατα λυγίζαν μέχρι τις 90°; Εικόνα 3). Η προσγείωση γινόταν με τις μύτες των ποδιών στο σημείο από όπου ξεκίνησε το άλμα (Bosco et al., 1983; Bosco, 1995; Γεροδήμος και συν., 2006). Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες των Bosco, Luhtanen, και Komi, (1983).



**Εικόνα 3.** Αξιολόγηση κατακόρυφης αλτικότητας: άλμα με αντίθετη κίνηση.

Από τη μέτρηση αξιολογήθηκε το ύψος των κατακόρυφων αλμάτων (cm) με βάση το χρόνο πτήσης (Bosco et al., 1983). Πραγματοποιήθηκαν 3 προσπάθειες σε κάθε άλμα και αξιολογήθηκε η καλύτερη. Μεταξύ των προσπαθειών μεσολαβούσε διάλειμμα 60s (Bradley et al., 2007). Το διάλειμμα μεταξύ των αλμάτων ήταν 2min (Bosco, 1995; Γεροδήμος και συν., 2006).

## **Πρωτόκολλα άσκησης**

Όλα τα πρωτόκολλα (δόνησης και ελέγχου) πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης (Galileo Fitness), με τις συμμετέχουσες να στέκονται όρθιες πάνω στην πλατφόρμα με τα γόνατα λυγισμένα 90°, 60° και 10°, για την κάθε ομάδα αντίστοιχα, χωρίς παπούτσια, φορώντας αντλιοσθητικές κάλτσες. Οι συμμετέχουσες κάθε ομάδας πραγματοποίησαν δύο πρωτόκολλα: ένα πρωτόκολλο δόνησης (4 σετ x 45s διάρκεια, διάλειμμα 45s/σετ, εύρος μετατόπισης 6mm και συχνότητα 20Hz) και ένα πρωτόκολλο ελέγχου (4 σετ x 45s διάρκεια, διάλειμμα 45s/σετ, εύρος μετατόπισης 0mm και συχνότητα 0Hz) όπου δεν εφαρμόστηκε δόνηση.

## **Διαδικασία**

Πριν την έναρξη της έρευνας πραγματοποιήθηκε στο Κέντρο Έρευνας και Αξιολόγησης της Αθλητικής Απόδοσης του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ενημέρωση και εξοικείωση των συμμετεχόντων με το μηχάνημα δόνησης και τις μετρήσεις. Επίσης, την ίδια μέρα πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις των σωματομετρικών χαρακτηριστικών του δείγματος.

Πριν την εφαρμογή των πρωτοκόλλων (δόνησης και ελέγχου) δε πραγματοποιήθηκε προθέρμανση για να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα της μελέτης (Cochrane & Stannard, 2005). Η δοκιμασία για την αξιολόγηση της κινητικότητας και της κατακόρυφης αλτικότητας πραγματοποιήθηκε πριν και αμέσως μετά τη λήξη του κάθε πρωτοκόλλου (ολόσωμης δόνησης και ελέγχου) (Σχήμα 2). Τα πρωτόκολλα άσκησης και ελέγχου πραγματοποιήθηκαν με τυχαία σειρά από το δείγμα. Μεταξύ των πρωτοκόλλων μεσολαβούσε διάστημα 1 εβδομάδας.



**Σχήμα 2.** Σχεδιασμός έρευνας.

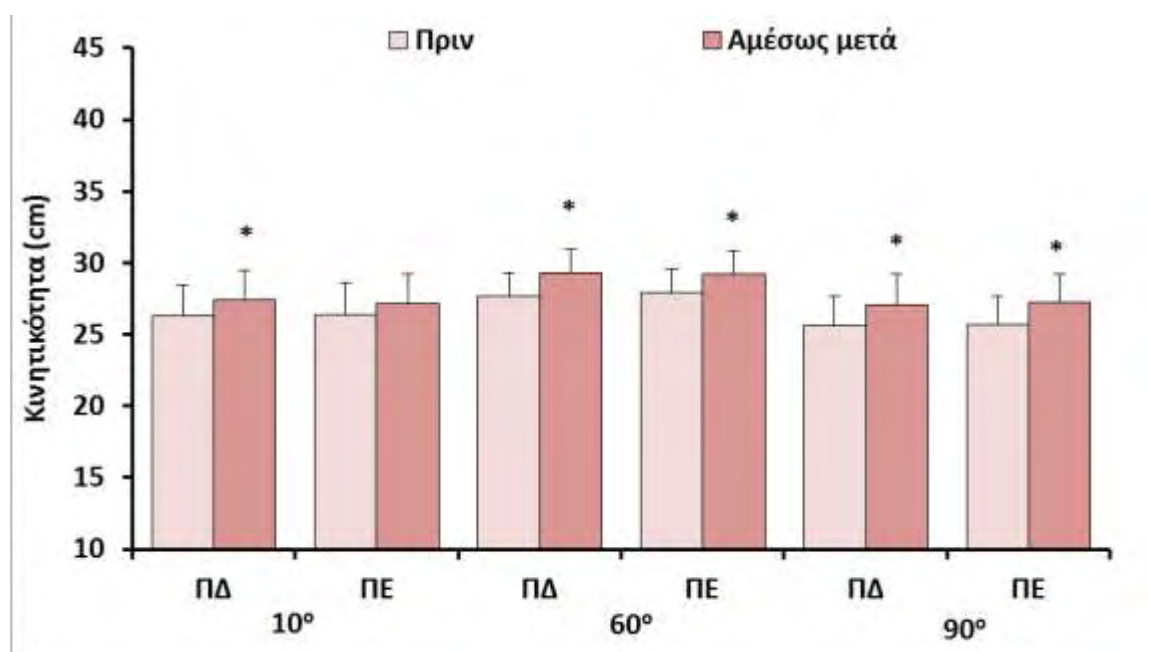
### Στατιστική Ανάλυση

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 15. Για κάθε μια από τις μεταβλητές πραγματοποιήθηκε έλεγχος προσαρμογής σε κανονική κατανομή (κριτήριο Kolmogorov-Smirnov), αλλά και έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων (Levens Test for Equality of Variances). Για να εξετασθεί η άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, με έμφαση στη διαφορετική γωνία του γόνατος κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, στην κινητικότητα και στην κατακόρυφη αλτικότητα χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με τρεις παράγοντες (three-way ANOVA), (ομάδα x πρωτόκολλο x χρόνος, 3 x 2 x 2), με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στους παράγοντες «πρωτόκολλο» και «χρόνος». Επιπρόσθετα, για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων χρησιμοποιήθηκε ο μαθηματικός τύπος του Tukey ως κριτήριο post-hoc σύγκρισης, όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < .05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Κινητικότητα

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «χρόνος» ( $F_{1,34}=108.05$ ,  $p<0.01$ ), ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση των παραγόντων «πρωτόκολλο» ( $F_{1,34}=0.06$ ,  $p>.05$ ) και «ομάδα» ( $F_{2,34}=0.34$ ,  $p>.05$ ), αλλά ούτε και αλληλεπίδραση ( $F_{2,34}=0.34$ ,  $p>.05$ ) μεταξύ των παραγόντων «ομάδα», «πρωτόκολλο» και «χρόνος» στην κινητικότητα (Γράφημα 1).



**Γράφημα 1:** Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στην κινητικότητα ανά ομάδα, πρωτόκολλο και μέτρηση. Όπου \*  $p < 0.01$  μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης.

10°: ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 10°, 60°: ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 60°, 90°: ομάδα δόνησης με γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος 90°, ΠΔ: πρωτόκολλο δόνησης, ΠΕ: πρωτόκολλο ελέγχου.

Από την ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε ότι σε όλα τα πρωτόκολλα (δόνησης και ελέγχου) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης ( $25.8\pm 2.1\text{cm}$ ) και της δεύτερης μέτρησης ( $27.3\pm 2.1\text{cm}$ ) στην κινητικότητα. Μια εξαίρεση

παρατηρήθηκε στο πρωτόκολλο ελέγχου (10<sup>ο</sup>) όπου δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων σε καμία από τις μετρήσεις.

### Κατακόρυφη αλτικότητα

#### *Άλμα από ημικάθισμα*

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ( $F_{2,34}= 0.73, p>0.05$ ) μεταξύ των παραγόντων «ομάδα», «πρωτόκολλο» και «χρόνος», αλλά ούτε και κύρια επίδραση των παραγόντων «ομάδα» ( $F_{2,34}=2.45, p>0.05$ ), «πρωτόκολλο» ( $F_{1,34}=0.16, p>0.05$ ) και «χρόνος» ( $F_{1,34}= 2.34, p>0.05$ ), στο άλμα από ημικάθισμα.

Όσον αφορά στο άλμα από ημικάθισμα, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων ούτε μεταξύ των μετρήσεων. Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 2) φαίνεται η απόδοση των συμμετεχόντων στο άλμα από ημικάθισμα ανά ομάδα, πρωτόκολλο και μέτρηση.

**Πίνακας 2.** Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος από ημικάθισμα (Squat Jump-SJ) ανά ομάδα, πρωτόκολλο και μέτρηση (Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση). ΠΔ: πρωτόκολλο δόνησης, ΠΕ: πρωτόκολλο ελέγχου.

Πρωτόκολλα		Μετρήσεις (άλμα από ημικάθισμα σε cm)	
		Πριν	Αμέσως μετά
10 <sup>ο</sup>	ΠΔ	20.10 ± 2.95	20.28 ± 2.51
	ΠΕ	20.15 ± 2.35	19.84 ± 2.69
60 <sup>ο</sup>	ΠΔ	20.44 ± 2.39	20.29 ± 2.16
	ΠΕ	20.56 ± 2.16	20.03 ± 2.19
90 <sup>ο</sup>	ΠΔ	22.46 ± 3.09	21.92 ± 3.28
	ΠΕ	22.41 ± 3.00	22.01 ± 3.10

### Άλμα με αντίθετη κίνηση

Σύμφωνα με την ανάλυση των αποτελεσμάτων δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ( $F_{2,34}= 0.87, p>0.05$ ) μεταξύ των παραγόντων «ομάδα», «πρωτόκολλο» και «χρόνος», αλλά ούτε και κύρια επίδραση των παραγόντων «ομάδα» ( $F_{2,34}=2.48, p>0.05$ ), «πρωτόκολλο» ( $F_{1,34}=0.07, p>0.05$ ) και «χρόνος» ( $F_{1,34}= 2.42, p>0.05$ ), στο άλμα με αντίθετη κίνηση.

Όσον αφορά στο άλμα με αντίθετη κίνηση, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων ούτε μεταξύ των μετρήσεων. Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3) φαίνεται η απόδοση των συμμετεχόντων στο άλμα με αντίθετη κίνηση ανά ομάδα, πρωτόκολλο και μέτρηση.

**Πίνακας 3.** Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος με αντίθετη κίνηση (Countermovement Jump-CMJ) ανά ομάδα, πρωτόκολλο και μέτρηση (Μ.Ο ± Τυπική απόκλιση). ΠΔ: πρωτόκολλο δόνησης, ΠΕ: πρωτόκολλο ελέγχου

	Πρωτόκολλα	Μετρήσεις (άλμα με αντίθετη κίνηση σε cm)	
		Πριν	Αμέσως μετά
10°	ΠΔ	21.81 ± 3.14	21.63 ± 2.52
	ΠΕ	21.93 ± 2.80	21.61 ± 2.74
60°	ΠΔ	21.84 ± 2.68	21.88 ± 2.11
	ΠΕ	21.68 ± 2.70	21.29 ± 2.74
90°	ΠΔ	24.54 ± 3.36	23.93 ± 3.72
	ΠΕ	24.59 ± 3.04	24.20 ± 3.19



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η άμεση επίδραση της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα και ο ρόλος της γωνίας του γόνατος στη στάση πάνω στην πλατφόρμα. Έπειτα από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας προέκυψε σημαντική αύξηση της κινητικότητας τόσο στα πρωτόκολλα δόνησης όσο και στα πρωτόκολλα ελέγχου. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων και αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κινητικότητα δεν επηρεάζεται από την άσκηση με ολόσωμη δόνηση, αλλά από τη θέση τοποθέτησης του σώματος πάνω στην πλατφόρμα (ισομετρική άσκηση: ημικάθισμα  $10^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ). Επιπρόσθετα, η γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση δεν επηρέασε το μέγεθος της επίδρασης αυτής. Επίσης, η αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση (20Hz, 6mm, 4 σετ x 45s), φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών γυναικών.

### **Κινητικότητα**

#### Κινητικότητα

Στη παρούσα έρευνα παρατηρήθηκε αύξηση της κινητικότητας τόσο στο πρωτόκολλο δόνησης όσο και στο πρωτόκολλο ελέγχου. Όμως η έλλειψη διαφορών μεταξύ των πρωτοκόλλων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει θετική επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα των νεαρών γυναικών. Αν και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με αυτά άλλων ερευνών, γιατί διαφέρουν στο σχεδιασμό και στα στοιχεία της επιβάρυνσης του πρωτοκόλλου δόνησης,

φαίνεται ότι συμφωνούν με τους Cardinale & Lim (2003), οι οποίοι εφάρμοσαν ένα άμεσο πρωτόκολλο άσκησης με υψηλή συχνότητα (40Hz), σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης, και δε βρήκαν καμία επίδραση στην κινητικότητα.

Αντίθετα, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δε συμφωνούν με την πλειοψηφία των ερευνών, όπου αναφέρουν αύξηση της κινητικότητας μετά την εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση. Πιο συγκεκριμένα οι Καρατράντου και συν. (2008), εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης (25Hz, 4mm, 6min) σε δεκαέξι νεαρές φυσικά δραστήριες γυναίκες, οι οποίες παρουσίασαν αύξηση της κινητικότητας κατά 4.5%. Παρόμοια, οι Jacobs & Burns (2009), εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης (26Hz, 16cm, 6min) σε αθλητές, οι οποίοι παρουσίασαν αύξηση της κινητικότητας κατά 16.2%.

Συναφή είναι και τα αποτελέσματα των Cochrane & Stannard (2005), οι οποίοι πραγματοποίησαν ένα πρωτόκολλο αμφίπλευρης δόνησης (26Hz, 6mm, 5min) σε παίκτριες χόκεϋ υψηλού επιπέδου, οι οποίες παρουσίασαν βελτίωση της κινητικότητας των κάτω άκρων κατά 8%. Παρόμοια, οι Gerodimos και συν. (2010), εφάρμοσαν διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με ολόσωμη δόνηση, δίνοντας έμφαση στη διαφορετική συχνότητα (15, 20 και 30Hz) και στο διαφορετικό εύρος μετατόπισης (4, 6 και 8mm). Από τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας μελέτης προέκυψε αύξηση της κινητικότητας, χωρίς να αναφερθεί διαφορά μεταξύ των διαφορετικών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιήθηκαν. Σε όλες τις προαναφερθείσες μελέτες χρησιμοποιήθηκε ένα μεγάλο εύρος χαρακτηριστικών της επιβάρυνσης, με τη συχνότητα να κυμαίνεται από 15-30Hz, και το εύρος μετατόπισης από 4-8mm, ενώ η διάρκεια άσκησης ήταν 5 έως 6min.

Σύμφωνα με τις προαναφερθείσες μελέτες η βελτίωση της κινητικότητας, σαν αποτέλεσμα της άσκησης με δόνηση, πιθανόν να οφείλεται στην ενεργοποίηση του τονικού αντανακλαστικού (ΤΑΔ) (Cardinale & Bosco, 2003), καθώς και στην αναχαίτιση της μυϊκής συστολής μέσω διέγερσης

των τενόντιων οργάνων του Gogli (Issurin et al., 1994). Επιπρόσθετα, περιφερικές ανταποκρίσεις όπως η αύξηση της ροής του αίματος των κάτω άκρων και η συνεπακόλουθη αύξηση της ενδομυϊκής θερμοκρασίας (Bosco et al., 1999; Kerschman-Schindl et al., 2001) αλλά και η μείωση της αίσθησης του πόνου (Zoppi et al., 1991; Lundeborg, Nordemar, & Ottoson, 1984) αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες που πιθανόν ευθύνονται για την αύξηση της κινητικότητας αμέσως μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου άσκησης με ολόσωμη δόνηση. Πιο αναλυτικά, με την εφαρμογή πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση (26-30Hz, 3-6mm, 3-9min) παρατηρήθηκε αύξηση τη ταχύτητας ροής αίματος στα αγγεία, σαν αποτέλεσμα των ρυθμικών μυϊκών συστολών αλλά και της αγγειοδιαστολής, που διήρκησε για χρονικό διάστημα πάνω από 10min μετά το πέρας του πρωτοκόλλου άσκησης (Kerschman-Schindl et al., 2001; Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts Schwab & Thorpe, 2007). Όλα αυτά πιθανόν έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της συνολικής ροής αίματος και της τοπικής θερμοκρασίας του μυ. Η αυξημένη ενδομυϊκή θερμοκρασία, μπορεί να προκαλέσει μείωση της μυϊκής σκληρότητας και αύξηση της μυϊκής ελαστικότητας και σαν αποτέλεσμα αύξηση της κινητικότητας (Cronin, Oliver, & McNair, 2004).

Στις προαναφερθείσες έρευνες που αναφέρουν αύξηση της κινητικότητας (Bunker et al., 2010; Cochrane & Stannard, 2005; Gerodimos et al., 2010; Jacobs & Burns, 2009; Καρατράντου et al., 2008), συγκριτικά με την παρούσα έρευνα, παρουσιάζονται ομοιότητες αλλά και διαφορές ως προς τα στοιχεία της επιβάρυνσης αλλά και το επίπεδο φυσικής κατάστασης των συμμετεχόντων. Έτσι, στις παραπάνω έρευνες χρησιμοποιήθηκαν πρωτόκολλα άσκησης με υψηλότερες συχνότητες δόνησης (26 έως 50Hz), συγκριτικά με την παρούσα μελέτη (συχνότητα που χρησιμοποιήθηκε: 20Hz). Επομένως, φαίνεται ότι η χαμηλότερη συχνότητα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, πιθανόν, δεν ήταν αρκετή ώστε να προκαλέσει μεταβολές στην κινητικότητα των νεαρών γυναικών.

Ωστόσο στην έρευνα των Cardinale & Lim, (2003), που χρησιμοποιήθηκε ένα πρωτόκολλο άσκησης με συχνότητα (20Hz) παρόμοια μ' αυτή της παρούσας μελέτης, βρέθηκε αύξηση της κινητικότητας. Μια βασική διαφορά της παρούσας μελέτης, με αυτή του Cardinale & Lim (2003) έγκειται στον τύπο της δόνησης που χρησιμοποιήθηκε. Στην έρευνα του Cardinale & Lim, (2003) χρησιμοποιήθηκε πλατφόρμα κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης που πιθανόν να ευθύνεται για τα διαφορετικά αποτελέσματα. Πιθανόν ο τρόπος μεταφοράς της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα (αμφίπλευρη vs. κατακόρυφη) αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα που ευθύνεται για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται από προηγούμενους ερευνητές (Abercromby et al., 2007; Pel et al., 2009) που αναφέρουν ότι οι δύο μορφές ολόσωμης δόνησης (αμφίπλευρη vs. κατακόρυφη) προκαλούν διαφορετική μυϊκή ενεργοποίηση και πιθανόν διαφορετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.

Τέλος, ένας, ακόμη, σημαντικός παράγοντας που πιθανόν επηρέασε τα αποτελέσματα της ερευνάς είναι η θέση-στάση του ασκούμενου πάνω στην πλατφόρμα δόνησης. Στην παρούσα έρευνα, τόσο στο πρωτόκολλο δόνησης όσο και στο πρωτόκολλο ελέγχου, οι ασκούμενες στέκονταν όρθιες πάνω στην πλατφόρμα με τα γόνατα λυγισμένα στις 60 ή 90°. Έτσι λοιπόν, στο πρωτόκολλο ελέγχου οι ασκούμενες εκτελούσαν ισομετρική άσκηση. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι ίσως η θέση-στάση του ασκούμενου να προκάλεσε συνεχή διέγερση των μυϊκών ατράκτων (Armstrong et al., 2008). Φαίνεται ότι η θέση που χρησιμοποιήθηκε (60-90°) από τις ασκούμενες στην παρούσα έρευνα ήταν αρκετή έτσι ώστε να προκαλέσει αύξηση της κινητικότητας και στις δύο ομάδες (ομάδα δόνησης και ομάδα ελέγχου) χωρίς όμως η ομάδα δόνησης να επιφέρει μεγαλύτερη αύξηση της κινητικότητας

Ωστόσο, ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να τονιστεί είναι ότι σε αρκετές από τις προαναφερθείσες έρευνες (Bunker et al., 2010; Cardinale & Lim, 2003; Jacobs & Burns, 2009), σε αντίθεση με την παρούσα έρευνα, δεν έχει χρησιμοποιηθεί πρωτόκολλο που να

εκτελεί τις ίδιες ασκήσεις χωρίς, όμως, να εφαρμόζεται δόνηση. Έτσι λοιπόν δε γνωρίζουμε αν η βελτίωση της κινητικότητας, που αναφέρεται στις συγκεκριμένες μελέτες, οφείλεται στην επίδραση της δόνησης ή της θέσης-άσκησης κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου. Επιπρόσθετα είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, η θέση που χρησιμοποιήθηκε (60-90°) από τις ασκούμενες στην παρούσα έρευνα να ήταν αρκετή έτσι ώστε να προκαλέσει αύξηση της κινητικότητας και στις δύο ομάδες (ομάδα δόνησης και ομάδα ελέγχου) χωρίς όμως η ομάδα δόνησης να επιφέρει μεγαλύτερη αύξηση της κινητικότητας.

Μία ακόμη διαφορά που πιθανόν να ευθύνεται για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα της ερευνάς μας με τους προαναφερόμενους ερευνητές είναι η διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης με δόνηση. Στην παρούσα έρευνα η διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης ήταν μικρότερη (45s έως 3min, διαλειμματική άσκηση) από αυτή των προαναφερθέντων ερευνών (5min έως 6min, με ή χωρίς διαλειμματική άσκηση). Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως η διάρκεια του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιήσαμε να ήταν μικρή, έτσι ώστε να μην υπήρξε επαρκής μυϊκή ενεργοποίηση (Bazett-Jones et al., 2008).

### **Κατακόρυφη αλτικότητα**

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι συναφή με τα ευρήματα του Rittweger και συν.(2003), όπου μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου άσκησης με αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση (26Hz, 12mm, μέχρι εξαντλήσεως) σε νεαρούς ενήλικες, δεν ανέφεραν κάποια μεταβολή στην κατακόρυφη αλτικότητα. Παρόμοια είναι και τα αποτελέσματα της Pispirikou και συν. (2009), οι οποίοι εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης (25Hz, 8mm, 6min), σε νεαρά φυσικά δραστήρια άτομα, και δεν παρατήρησαν κάποια αλλαγή στην κατακόρυφη αλτικότητα. Επίσης, ο Gerodimos και συν. (2010), εφάρμοσαν διαφορετικά πρωτόκολλα ολόσωμης δόνησης δίνοντας έμφαση στη διαφορετική συχνότητα (15, 20, 30Hz) και στο διαφορετικό εύρος μετατόπισης (4, 6, 8 mm), σε νεαρά φυσικά δραστήριες

γυναίκες, οι οποίες δεν παρουσίασαν κάποια αλλαγή στην κατακόρυφη αλτικότητα. Παρόμοια είναι και τα ευρήματα των Bullock και συν. (2008), οι οποίοι μετά την εφαρμογή ενός εφάρμοσαν πρωτοκόλλου κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης (30Hz, 4mm, 3x60 sec), δε βρήκαν κάποια αλλαγή στην κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών αθλητών σκι. Συναφή είναι και τα αποτελέσματα των Stevenson και συν.(2005), όπου μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου ολόσωμης δόνησης (26Hz, 5mm, 7min), σε νεαρά αθλούμενους (άνδρες και γυναίκες), δεν ανέφεραν καμία μεταβολή στην κατακόρυφη αλτικότητα.

Αντικρουόμενα, είναι τα ευρήματα της Torvinen και συν. (2002), όπου εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης (15-30Hz, 10mm, 4min) σε νεαρά φυσικά δραστήρια άτομα (άνδρες και γυναίκες), και παρατήρησαν αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας. Παρόμοια ο Bosco και συν. (1999) εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο δόνησης (26Hz, 10mm, 10set x 60sec με 60sec διαλ/set) σε νεαρές αθλήτριες, οι οποίες παρουσίασαν αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας. Συναφή είναι και τα αποτελέσματα του Cochrane και συν. (2005), όπου εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης (26Hz, 6mm, 5min) σε νεαρές αθλήτριες χόκεϋ, οι οποίες παρουσίασαν βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας. Επίσης ο Bazett – Jones (2008), εξέτασαν την επίδραση διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση, με έμφαση στη διαφορετική συχνότητα (30,34,40 και 50 Hz) και στο διαφορετικό εύρος μετατόπισης (2-4mm και 4-6mm), στην κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών απροπόνητων ατόμων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης στις γυναίκες παρατηρήθηκε αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλων άσκησης με συχνότητα 34 και 50 Hz και εύρος μετατόπισης 4-6mm. Αντίθετα, οι άνδρες του δείγματος δεν παρουσίασαν καμία μεταβολή στην κατακόρυφη αλτικότητα. Παρόμοια ο Cormie και συν. (2006) και οι Bosco και συν. (2000) εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης (30Hz, 2.5mm, 30sec) και (26Hz, 4mm, 10 x 60 sec με 60 sec διαλ.), αντίστοιχα, και παρατήρησαν αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας νεαρών προπονημένων ανδρών.

Οι διαφορές μεταξύ της δικής μας έρευνας και των υπολοίπων ερευνών οφείλονται στο πρωτόκολλο παρέμβασης (συχνότητα, εύρος μετατόπισης, διάρκεια, άσκηση). Είναι πιθανό η διάρκεια του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιήσαμε (διάρκεια: 4 σετ X 45s, διάλειμμα 45s/σετ ) να ήταν μικρή για την πρόκληση μυϊκής ενεργοποίησης. Η πλειοψηφία των μελετών που ερεύνησαν την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση και παρατήρησαν αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας, δεν έχουν υπερβεί τα 10 λεπτά της συνολικής έκθεσης στο ερέθισμα της δόνησης και η διάρκεια του πρωτοκόλλου κυμάνθηκε από 3 έως 10 λεπτά, χρησιμοποιώντας κυρίως διαλειμματική άσκηση (30 έως 90s ανά σετ) (Bedient et al., 2009; Bosco et al., 2000). Αντιθέτως, τα ευρήματα κάποιων ερευνών (Adams et al., 2009; Bedient et al. 2009) έδειξαν βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλων άσκησης με ολόσωμη δόνηση μικρής διάρκειας (30s-60s).

Από την άλλη πλευρά, ένας άλλος παράγοντας που ίσως διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας είναι η επιλογή της συχνότητας (20Hz). Ενδέχεται η συχνότητα που χρησιμοποιήσαμε στην έρευνά μας, να μην επαρκούσε για την πρόκληση μυϊκής ενεργοποίησης. Η παραπάνω υπόθεση ισχυροποιείται από πολλές έρευνες που χρησιμοποίησαν κατακόρυφη δόνηση, και ανέφεραν ως ιδανική συχνότητα, για την αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας, είτε τα 30Hz (Bedient et al., 2009) είτε τα 40-50Hz (Bazett-Jones et al., 2008; & Rønnestad, 2009). Ωστόσο, στη διεθνή βιβλιογραφία, σύμφωνα με ορισμένες έρευνες (Bosco et al., 2000), η βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας επήλθε μετά τη χρήση χαμηλότερης συχνότητας δόνησης (20 έως 26Hz).

Εξαίρεση αποτελούν τα ευρήματα των Artero και συν. (2007) και Rittweger και συν.(2000) οι οποίοι παρατήρησαν μείωση της κατακόρυφης αλτικότητας. Στην έρευνα του Artero και συν.(2007), εφαρμόστηκαν διαφορετικά πρωτόκολλα ολόσωμης δόνησης (20,25

και 30Hz, 6mm, 90-120sec) σε νεαρά ενήλικους, άνδρες και γυναίκες, οι οποίοι παρουσίασαν μείωση της κατακόρυφης αλτικότητας. Μαζί τους φαίνεται να συμφωνούν και οι Rittweger και συν. (2000), όπου εφάρμοσαν ένα πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης (26Hz, 1,05cm, μέχρι εξάντλησης), σε νεαρά ενήλικους, άνδρες και γυναίκες, οι οποίοι παρουσίασαν μείωση της κατακόρυφης αλτικότητας της τάξεως του 9%. Πιθανόν, η μεγάλη διάρκεια (μέχρι εξάντλησης) που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα του Rittweger και συν. (2000) να επηρέασε αρνητικά την κατακόρυφη αλτική ικανότητα.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η άμεση επίδραση της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα και ο ρόλος της γωνίας του γόνατος στη στάση πάνω στην πλατφόρμα.

Έπειτα από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας προέκυψε σημαντική αύξηση της κινητικότητας τόσο στα πρωτόκολλα δόνησης όσο και στα πρωτόκολλα ελέγχου. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των ομάδων και των πρωτοκόλλων και αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κινητικότητα δεν επηρεάζεται από την άσκηση με ολόσωμη δόνηση, αλλά από τη θέση τοποθέτησης τους σώματος πάνω στην πλατφόρμα (ισομετρική άσκηση: ημικάθισμα  $10^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ).

Επιπρόσθετα, η γωνία κάμψης της άρθρωσης του γόνατος κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση δεν επηρέασε το μέγεθος της επίδρασης αυτής.

Επίσης, η αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση (20Hz, 6mm, 4 σετ x 45s), φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών γυναικών.

Επομένως η χρήση ενός πιο έντονου πρωτοκόλλου άσκησης με ολόσωμη δόνηση: μεγαλύτερης συχνότητας ( $> 20\text{Hz}$ ) και μεγαλύτερης διάρκειας ή η εφαρμογή δυναμικών ασκήσεων πάνω στη πλατφόρμα πιθανόν να προκαλέσει μεγαλύτερες επιδράσεις στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abercromby, A.F.J., Amonette, W.E., Layne, C.S., McFarlin, B.K., Hinman, M.R., & Paloski, W.H. (2007). Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. *Medicine and science in sports and exercise* 39(9), 1642-1650.
- Adams, J. B., Edwards, D., Serviette, D., Bedient, A.M., Huntsman, E., Jacobs, K.A., et al., (2009). Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 237-245.
- Agre J., (1985). *Hamstring injuries: Proposed etiological factors, prevention and treatment*. *Sports Medicine*. 2, 2 1-33.
- Alter, M. J. (1988). *Science of stretching*. Champaign: *Human Kinetics Books*.
- Anderson B., Burke E., (1991). *Scientific, medical, and practical aspects of stretching*. *Clinical Sports Medicine* . 10, 63-86.
- Armstrong, W. J., Grinnell, D. C., Warren, G. S. (2010). The acute effect of whole-body vibration on the vertical jump height.
- Artero, E.G., España-Romero, V., Ortega, F.B., Jiménez-Pavón, D., Carreño-Gálvez, F., Ruiz, J.R., Gutiérrez, A. Castillo, M.J. (2007), Use of whole-body vibration as a mode of warming up before counter movement jump, *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 574-575.
- Bagheri, J., Van Den Berg-Emons, R. J., Perl, J. J., Horemans, H. L., Stam, H. J. (2011). Acute effects of whole-body vibration on jump force and jump rate of force development: A comparative study of different devices.
- Bandy, W., Irion J., Briggler M., (1998). The effect of static and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *Sports Physical Therapy*. 27(4), 295-300.

- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J.-C., Mets, T. (2005). The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial [ISRCTN62535013]
- Bazett-Jones, D.M., Finch, H.W., & Dugan, E.L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 144-150.
- Bedient, A., Adams, J., Edwards, D., Serravite, D., Huntsman, E., Mow, S., et al. (2009). Displacement and frequency for maximizing power output resulting from a bout of whole-body vibration (in press). *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi PV (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50, 273-282.
- Bosco, C. (1995). *Αξιολόγηση της ταχυδύναμης*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Bosco, C., Lacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., et al., (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 449-454.
- Bullock, N., Martin, D.T., Ross, A., Rosemond, C.D., Jordan, M.J., & Marino, F.E. (2008). Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 22, 1371-1374
- Bunker, D. J., Rhea, M. R., Simons, T., & Marin, P. J. (2011). The use of whole-body vibration as a golf warm-up [Original article]. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(2), 293-297.
- Burke, D, Hagbarth, K. E, Lofstedt, L., Wallin, B. G. (1976). The responses of human muscle spindle endings to vibration during an isometric contraction. *Journal of Physiology*, 261, 695–711.

- Calvin-figuiere, S., Romaguere, P., Gilhodes, J. C., Roll, J. P. (1999). Antagonist motor responses correlate with kinesthetic illusions induced by tendon vibration. *Experimental Brain Research*, 124, 342-350.
- Cardinale M, Leiper J, Erskine J, Milroy M, Bell, S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 26, 380–384.
- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31, 3-7.
- Cardinale, M., & Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina dello Sport*, 56, 287-292.
- Cardinale, M., & Pope M.H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: Dangerous or advantageous?, *Acta Physiologica Hungarica*, Vol. 90 (3), 195-206.
- Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole-body vibration exercise: are vibrations good for you? *British Journal of Sports Medicine*, 39, 585-589.
- Cardinale, M., & Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact of fiction? *Journal of British Menopause Society*, 12(1), 12-18.
- Casale, P., Ring, H. & Rainoldi, A. (2009). High frequency vibration conditioning stimulation centrally reduces myoelectrical manifestation of fatigue in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19, 998–1004.
- Chanou, K., Gerodimos, V., Karatrantou, K., Jamurtas, A. (2012). Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: A review of the literature. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 187-200.
- Ciullo J., Zarins B., (1983). Biomechanics of the musculotendinous unit: Relation to athletic performance and injury. *Clinical Sports Medicine*. 2, 71-86.

- Cochrane, D., & Stannard, S. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 860-865.
- Cochrane, D. J. (2011). Vibration exercise: The potential benefits [Review]. *International Journal of Sports Medicine* 32, 75 - 99.
- Cole, K. J., Mahoney, S. E. (2010). Effect of five weeks of whole body vibration training on speed, power and flexibility.
- Cronin, J., McLaren, A., & Bressel, E. (2004). The effects of whole body vibration on jump performance in dancers. *Journal of Human Movement Studies*, 47, 237-251.
- Dabbs, N. C., Munoz, C. X., Tran, T. T., Brown, L. E., Bottaro, M. (2011). Effect of different rest intervals after whole-body vibration on vertical jump performance.
- Dastmenash, S., Tillaar, R. V. D., Jacobs, P., Shafiee, G. H., Shojaedin, S. S. (2010). The effect of whole body vibration, Pnf training or combination of both on hamstrings range of motion.
- Delwade, P. J. (1973). *Human monosynaptic reflexes and presynaptic inhibition*. In: Desmedt, J. E. (Ed.), *New development in electromyography and clinical neurophysiology* (pp. 508-522). Basel: Karger.
- Desmedt, J. E., Godaux, E. (1978). Mechanism of the vibration Paradox: excitatory and inhibitory effects of tendon vibration on single soleus muscle motor unit in man. *Journal of Physiology*, 285, 197-207.
- Di Giminiani, R., Tihanyi, J., Safar, S., & Scrimaglio, R. (2009). The effects of vibration on explosive and reactive strength when applying individualized vibration frequencies. *Journal of Sports Sciences*, 27, 169-177.
- Eklund, G. & Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*, 16, 80-92.

- Fagnani, F., Giombini, A., Cesare, D. A., Pigozzi, F., Slavo, V. D. (2006). The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes.
- Feland, J. B., Hawks, M., Hopkins, J. T., Hunter, I., Johnson, A. W., Eggett, D. L. (2010). Whole body vibration as an adjunct to static stretching.
- Feldman, A. G. & Latash, M. L. (1982). Inversions of vibration-induced sensorimotor events caused by supraspinal influences in man. *Neuroscience Letters*, 31, 147-151.
- Gerodimos, V., Zafeiridis, A., Karatrantou, K., Vasilopoulou, T., Chanou, K., & Pispirikou, E. (2010). The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance (in press). *Journal of Science and Medicine in Sport*.
- Gusi, N., Parraca, J., Adsuar, J., Olivares, P., & Tomas-Carus, P. (2011). Effects of neuromuscular responses during whole body vibration exercise with different knee angles [Original article]. *Biology of Sport*, 28, 199-205.
- Hagbarth, K. E. & Eklund, G. (1966). *Motor effects of vibratory stimuli in man*. In: Granit, T., (Ed.), *Muscular Afferent and Motor Control* (pp. 177-186). Stockholm: Almquist & Wiksell.
- Hagberg, M., Burstrom, L., Ekman, A., Wilhelmsson, R. (2006). The association between whole body vibration exposure and musculoskeletal disorders in the Swedish work force is confounded by lifting and posture. *Journal of Sound and Vibration*, 298, 492-498.
- Hedrick A., (1993). Flexibility and the conditioning program. *National Strength and Conditioning Association* 15(4): 62-66.
- Hubley-Kozey, C.L. (1991). Testing flexibility. In J. D. MacDougall, H.A. Wenger, H.J. Green (Eds.), *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*. Champaign, Illinois: *Human Kinetics Publishers, Inc.*, 309-359.
- Issurin V., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences*, 17, 177-182.

- Issurin, V.B. (2005). Vibrations and their applications in sport: A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45, 324-336.
- Jacobs, P.L., & Burns, P. (2009). Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 51-57.
- Johnagen S., Nemeth, Griksson F., (1994). *Hamstring injuries in sprinters: The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility*. American Journal of Sports Medicine. 22: 262-266.
- Jordan, M. J., Norris, S. R., Smith, D. J., Herzog, W. (2005). Vibration training: an overview of the area, training consequences and future considerations. *Journal of Strength and Conditional Research*, 19, 459-466.
- Kararantou, K., Gerodimos, V., Dipla, K., Zafeiridis, A. (2013). Whole-body vibration training improves flexibility, strength profile of knee flexors, and hamstrings-to-quadriceps strength ratio in females. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 477-481.
- Kemertzis, M. A., Lytgho, N. D., Morgan, D. L., Galea, M. P. (2008). Ankle flexors produce peak torque at longer muscle lengths after whole body vibration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 1977-1983.
- Kemmler, W. & Von Stengel, S. (2012). Alternative exercise technologies to fight against sarcopenia at old age: A series of studies and review. *Journal of Aging Research*, 2012, 109013.
- Kersch-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka Moser, V., et al., (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, 21, 377-382.

- Kinser, A.M., Ramsey, M.W., O'Bryant, H.S., Ayres, C.A., Sands, W.A., & Stone, M.H. (2008). Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40, 133-140.
- Koenig, D., Chiaramonte, M. S., Balbinot, A. (2008). Wireless Network for Measurement of Whole- Body Vibration. *Sensors*, 8, 3067-3081.
- Lamont, H. S., Cramer, J. T., Bemben, D. A., Shehab, R. L., Anderson, M. A., Bemben, M. G. (2010). The acute effect of whole-body low-frequency vibration on countermovement vertical jump performance in college-aged men.
- Lance. J. W., De Gail, P., Neilson, P. D. (1966). Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 29, 1–11.
- Lindsay, D.T. (1996). *Functional Human Anatomy*. St Louis: Mosby Publications.
- Lohman, T.G., Roche, A., & Martorell, R. (1988). Anthropometric Standardization Reference Manual. *Champaign, IL: Human Kinetics*.
- Lora, M. H., Corrales, B. S., Páez, L. C., Díaz, I. C. M., & Ochiana, N. (2010). Using whole body vibration to improve jump ability in young recreational sportmen. *Journal of Physical Education and Sport* 27(2), 68-71.
- Luo, J., Mcnamara, B., Moran K. (2005). The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power, *Sports Med*, 35 (1), 23-41.
- Mester, J., Kleinoder, H., Yue, Z. (2006), Vibration training: benefits and risks, *Journal of Biomechanics*, 39, 1056–1065.
- McBride J., (1995). Dynamic warm up and flexibility: *A key to basketball success*. Coach Women Basketball, Summer: 15-17.
- Pantaleo, T., Duranti, R., Bellini, F. (1986), Effects of vibratory stimulation on muscular pain threshold and blink response in human subjects. *Pain*, 24(2), 239-50.



- Paradisis, G., Zacharogiannis, E. (2007), Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance, *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 44-49
- Pollock, R. D., Provan, S., Martin, F. C., Newham, D. J. (2011). The effects of whole body vibration on balance, joint position sense and cutaneous sensation. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 3069–3077.
- Pollock, R. D., Woledge, R. C., Mills, K. R., Martin, F. C., & Newham, D. J. (2010). Muscle activity and acceleration during whole body vibration: Effect of frequency and amplitude. *Clinical Biomechanics*, 25(8), 840-846.
- Potteiger, J.A., Lockwod, R.H., Haub, M.D., Dolezal, B.A., Almuzaini, K.S., Schroeder, J.M., & Zebas, C.J., (1999). Muscle power and Fiber characteristics Following 8 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 275-279.
- Ribot-Ciscar, E., Rossi-Durand, C., & Roll, J.P. (1998). Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. *Neuroscience Letters*, 258, 147-150.
- Rittweger, J., Beller, G., Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man.
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M., Felsenberg, D. (2003), Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise, *Clin Physiol & Func Im*, 23, 81–86.
- Rittweger, J. (2009). Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be (in press). *European Journal of Applied Physiology*.
- Ritzman, R., Kramer, A., Gruber, M., Gollhofer, A., Taube, W. (2010). EMG activity during whole body vibration: motion artifacts or stretch reflexes? *Eur J Appl Physiol* (2010) 110:143–151

- Roelants, M. e. a. (2006). Whole-body vibration induced increase in leg muscle activity during different squat exercises *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 124-129.
- Roll, J. P., Vedel, J. P., Ribot, E. (1989). Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study. *Experimental Brain Research*, 76, 213-222.
- Rønnestad, B. (2009). Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower-body power in trained and untrained subjects. *Journal of Strength Conditioning Research*, 23, 1309-1315.
- Saavedra, S. L., Teulier, C., Smith, B. A., et al., (2012). Vibration-induced motor responses of infants with and without myelomeningocele. *Physical Therapy*, 92, 537-550.
- Sands, W.A., McNeal, J.R., Stone, M.H., Russell, E.M., & Jemni, M. (2006). Flexibility Enhancement with Vibration: Acute and long-term. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 720-725.
- Sands, W., McNeal, J., Stone, M., Haff, G., & Kinser, A. (2008). Effect of vibration on forward split flexibility and pain perception in young male gymnasts. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 469-481.
- Savelberg, H.H.C.M., Keizer, H.A., & Meijer, K. (2007). Whole-body vibration induced adaptation in knee extensors; consequences of initial strength, vibration frequency, and joint angle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 589-593.
- Silva-Grigoletto, M. D., Vaamonde, D., Castillo, E., Poblador, M., Garcí'a-Manso, J., & Lancho, J. (2009). Acute and cumulative effects of different times of recovery from whole body vibration exposure on muscle performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2073-2082.
- Silva-Grigoletto, M. D., Hoyo, M. D., Sanudo, B., Carrasco, L., Garcia-Manso, J. M. (2011). Determining the optimal whole-body vibration dose-response relationship for muscle performance.

- Thomas, N. E., Baker, J. S., Davies, B. (2003). Established and recently identified coronary heart disease risk factors in young people: The influence of physical activity and physical fitness. *Sports Medicine*, 33, 633-650.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al., (2002). Effect of four-month vertical whole-body vibration on performance and balance. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 34, 1523-1528.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al., (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical Physiology & Functional Imaging*, 22, 145-152.
- Torvinen, S., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., & Kannus, P. (2002). Effect of a 4-min Vertical Whole Body Vibration on Muscle Performance and Body Balance. *International journal of sports medicine*, 23, 374-379.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al., (2003). Effect of 8-month vertical whole-body vibration on bone, muscle performance and body balance: a randomized controlled study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18, 876-884.
- Turner, A. P., Sanderson, M. F., Attwood, L. A. (2011). The acute effect of different frequencies of whole-body vibration on countermovement jump performance.
- Van den Tillaar, R. (2006). Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 192-196.
- Van Zyl, C., De Beer, R., Bassett, S. H. (2011). The immediate effect of vibration therapy on flexibility in female junior elite gymnasts. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, June (Suppl.), 20-28.

- Wyon, M., Allen, N., Angioi, M., Nevill, A. & Twitchett, E. (2006). Antropometric factors affecting vertical jump height in ballet Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 10 (3&4), 106-110.
- Yue, Z., Mester, J. (2004). (A model analysis of resonance during the whole body vibration. *Studies in Applied Mathematics*, 112, 293-314.
- Zoppi, M., Voegelin, M.R., Signorini, M., & Zamponi A. (1991). Pain threshold changes by skin vibratory stimulation in healthy subjects. *Acta Physiol Scand.*, 143(4), 439-443.
- Γεροδήμος, Β., Γιαννακός, Α., Μπλέτσου, Ε., Μάνου, Β, Ιωακειμίδης, Π., & Κέλλης, Σ. (2006). Σχέση κατακόρυφης αλτικότητας και ισοκινητικής ροπής δύναμης εκτεινόντων μυών του γονάτου και της ποδοκνημικής άρθρωσης σε καλαθοσφαιριστές αναπτυξιακών ηλικιών. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 4, 449-454.
- Καρατράντου, Κ. (2010). *Η Επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, τη δύναμη και την ισχύ νεαρών γυναικών*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τρίκαλα, Ελλάδα.
- Καρατράντου, Ν., Γεροδήμος, Β., Σωτηριάδης, Σ., Χάνου, Κ., & Παπαϊωάννου, Ε. (2008). Η άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα του ισχίου και της οσφυϊκής μοίρας. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 6, 340-347.
- Πισπρίκου, Ε., Γεροδήμο, Β., Καρατράντου, Ν., Χάνου, Κ., Παπαϊωάννου, Ε., & Κρίκη, Θ. (2009). Η άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα νεαρών γυναικών. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή και τον Αθλητισμό (υπό δημοσίευση)*. 6.